



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE EN EL AUTOMOTOR  
HINO CITY 300 CON NORMATIVA EURO 3 A DIFERENTES ALTURAS SOBRE EL  
NIVEL DEL MAR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Mecánico Automotriz

**AUTORES: FREDDY ALEXANDER COCIOS ARPI**  
**VÍCTOR STEVEN FAREZ VILLACIS**  
**TUTOR: ING. LAURO FERNANDO BARROS FAJARDO**

Cuenca - Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Freddy Alexander Cocios Arpi documento de identificación N° 0106545601 y Víctor Steven Farez Villacis con documento de identificación N° 0106907264; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 21 de marzo del 2022

Atentamente,



Freddy Alexander Cocios Arpi

0106545601



Víctor Steven Farez Villacis

0106907264

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Freddy Alexander Cocios Arpi con documento de identificación N° 0106545601 y Víctor Steven Farez Villacis con documento de identificación N° 0106907264, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de Técnico: “Análisis de las emisiones de gases de escape en el automotor Hino City 300 con normativa Euro 3 a diferentes alturas sobre el nivel del mar”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 21 de marzo del 2022

Atentamente,



Freddy Alexander Cocios Arpi

0106545601



Víctor Steven Farez Villacis

0106907264

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Lauro Fernando Barros Fajardo con documento de identificación N° 0103653457, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación : ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE EN EL AUTOMOTOR HINO CITY 300 CON NORMATIVA EURO 3 A DIFERENTES ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, Freddy Alexander Cocios Arpi con documento de identificación N° 0106545601 y por Víctor Steven Farez Villacis con documento de identificación N° 0106907264, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 21 de marzo del 2022

Atentamente,



Ing. Lauro Fernando Barros Fajardo, Msc.

0103653457

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradecer a Dios y a mi familia, por haber hecho posible mi estudio dentro de esta prestigiosa universidad y haberme brindado todo el apoyo necesario para lograr culminar mi carrera.

De manera especial agradecer a mi director de tesis, el Ingeniero Lauro Fernando Barros Fajardo, Msc por habernos guiado en el desarrollo de este proyecto de titulación siendo una parte esencial para lograr la culminación del mismo.

Finalmente, agradecer a la universidad Politécnica Salesiana, por lograr enriquecerme de conocimientos, valores y virtudes a lo largo de toda mi formación como profesional.

A todos ustedes mi gratitud y que Dios los bendiga.

***Freddy Alexander Cocios Arpi***

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación principalmente a Dios, por haber sido el pilar principal durante toda mi formación como profesional. A mis Padres, que a pesar de nuestra distancia física siempre me han brindado todo el apoyo necesario y siempre han estado conmigo durante los momentos más complicados y me han brindado todo su apoyo incondicional en cada una de las decisiones que llegue a tomar para lograr mi objetivo.

A mi abuela por haber hecho posible este logro mediante su apoyo incondicional y por inculcarme valores de los cuales hoy en día estoy muy agradecido.

A cada uno de los docentes los cuales hicieron posible este gran logro al siempre brindarme su ayuda y llenarme de los conocimientos necesarios y a mi compañero del proyecto de titulación por que sin el equipo que formamos, no hubiéramos logrado esta meta.

***Freddy Alexander Cocios Arpi***

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, me gustaría quiero agradecer a nuestro tutor, el Ingeniero Lauro Fernando Barros Fajardo, Msc. quien con sus instrucciones y apoyo me guio desde el inicio del presente proyecto de titulación, hasta su culminación.

Asimismo, quiero agradecer a la carrera de ingeniería mecánica automotriz por brindarme todos sus conocimientos y virtudes adquiridos durante todo este proceso de formación como profesional.

Finalmente, quiero agradecer a toda mi familia y amigos que me apoyaron incluso cuando mi ánimo decaía. En especial quiero hacer mención a mis padres, quienes siempre han estado a mi lado, apoyándome y un cálido abrazo para revitalizarme.

A todos ustedes mi gratitud y que Dios los bendiga.

*Victor Steven Farez Villacis*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por darme la vida y permitirme llegar a este momento tan importante de mi formación profesional. A mi familia quienes me han apoyado todo este tiempo, que me han animado a seguir adelante cuando parecía que me iba a rendir.

A mis maestros quienes nunca desistieron de enseñarme, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí y a mi compañero de proyecto de titulación, porque sin el equipo que conformamos, no hubiéramos logrado este objetivo.

*Victor Steven Farez Villacis*

## RESUMEN

Dentro de esta investigación se pudo observar el trabajo adecuado del automotor Hino City 300 referente a la norma euro 3. Se produjeron distintas tomas a diferentes alturas a nivel y sobre el nivel del mar, con la finalidad de observar el efecto que produce el cambio de alturas al automotor al momento de emanar los diferentes gases de estudio tales como monóxido de carbono (CO), Hidrocarburos (HC), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), en un motor diésel, los datos se obtuvieron a las siguientes alturas 0,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000 y 4200 msnm. En cada una de las alturas antes mencionadas se realizaron diferentes tomas las cuales arrojaron distintos resultados con respecto al monóxido de carbono (CO) en donde muestra resultados crecientes, por lo que se puede observar que a mayor altura existe un valor del 0.021% por lo que hay un crecimiento de emanación de este gas con respecto al nivel mar es relativamente bajo. En cuanto los hidrocarburos (HC) muestra un índice decreciente en donde el mayor estado de emanación se da al nivel del mar con un valor de 18.71 ppm, por lo que el porcentaje más bajo de emanación es a mayor altura. De otra manera la emanación del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es de 0.621% a menor altura es decir que a nivel del mar presenta un pico elevado de emanación, con respecto al resto de alturas, finalmente los óxidos de nitrógeno tienen un valor máximo de 191,80 ppm a una altitud de 4200 msnm y decrece hasta un valor mínimo de 148,50 a una altura de 0 msnm.

## **ABSTRACT**

Within this research, the proper work of the Hino City 300 automotive could be observed regarding the Euro 3 standard. Different shots were produced at different heights at level and above sea level, in order to observe the effect produced by the change of heights to the automotive at the time of emanating the different study gases such as carbon monoxide (CO), Hydrocarbons (HC), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), in a diesel engine, the data were obtained at the following heights 0,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000 and 4200 masl. At each of the aforementioned heights, different shots were made which yielded different results with respect to carbon monoxide (CO) where it shows increasing results, so it can be observed that the higher the altitude there is a value of 0.021% so there is a growth of emanation of this gas with respect to sea level is relatively low. As for hydrocarbons (HC) it shows a decreasing index where the highest state of emanation occurs at sea level with a value of 18.71 ppm, so the lowest percentage of emanation is at higher altitude. Otherwise, the emission of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is 0.621% at a lower altitude, that is, at sea level it presents a high peak of emanation, compared to the rest of the heights, finally nitrogen oxides have a maximum value of 191.80 ppm at an altitude of 4,200 masl and decreases to a minimum value of 148.50 at a height of 0 masl.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
PROBLEMA.....	2
OBJETIVOS .....	4
1 CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS: ANÁLISIS DEL ESTADO DE ARTE	5
1.1 Características del Vehículo.....	5
1.2 Ficha técnica del vehículo.....	6
1.3 Motor de ciclo Diésel.....	7
1.4 Ciclo de funcionamiento de motor diésel .....	7
1.4.1 Admisión.....	8
1.4.2 Compresión .....	8
1.4.3 Combustión.....	9
1.4.4 Escape .....	10
1.5 Emisiones contaminantes producidas por los automotores .....	11
1.5.1 Gases expulsados por el escape de un vehículo.....	11
1.5.1.1 Dióxido de carbono .....	12
1.5.1.2 Monóxido de carbono .....	12

1.5.1.3	Óxidos de nitrógeno .....	12
1.5.1.4	Material particulado .....	13
1.5.1.5	Material particulado PM 10 .....	13
1.5.1.6	Material particulado PM 2.5 .....	14
1.5.1.7	Hidrocarburos (HC) .....	14
1.5.1.8	Gases evaporativos.....	14
1.6	Normativa EURO y Nacional .....	14
1.7	Efecto de la altura en el rendimiento del motor .....	16
1.8	Consecuencia social .....	17
1.8.1	Causa de las emisiones contaminantes en la salud de las personas .....	17
1.8.1.2	Cáncer .....	18
1.8.1.3	Enfermedades cardiovasculares .....	18
1.8.1.4	Enfermedades sistema nervioso .....	18
1.9	Impacto medioambiental.....	19
2 CAPITULO II: PROCESO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS REFERENTE A LAS EMISIONES CONTAMINANTES A DIFERENTES ALTURAS. 20		
2.1	Medición de emisiones contaminantes a diferentes alturas a nivel y sobre nivel del mar. ....	20
2.2	GPS MAPS.ME .....	21
2.3	Analizador de gases QGA-6000 .....	21

2.4	Carman Scan Lite.....	22
2.5	Medidor de Rpm y Temperatura del aceite .....	22
2.6	Multímetro Bosch .....	23
2.7	Emisiones de gases de escape (CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> y HC).....	23
2.8	Procedimiento para la recopilación de datos de las emisiones de gases de escape.	24
2.9	Especificación de las diferentes zonas para la recopilación de Datos .....	26
2.9.1	Parque Nacional el Cajas- Tres cruces (4200msnm) .....	27
2.9.2	Parque Nacional el Cajas- Entrada vía a Patul (4000msnm) .....	27
2.9.3	Parque Nacional el Cajas- Dos Chorreras(3500msnm) .....	28
2.9.4	San Joaquín – Cooperativa Paraíso del Azuay (3000 msnm) .....	28
2.9.5	Cuenca – Parroquia Yanuncay (2500 msnm) .....	29
2.9.6	Girón – Leocapac (2000 msnm).....	29
2.9.7	Santa Isabel- Lentag (1500 msnm) .....	30
2.9.8	Santa Isabel –Andatalia (1000 msnm) .....	30
2.9.9	Pucara - Sarayunga (500 msnm) .....	31
2.9.10	Santa Rosa – Puerto Jeli (0 msnm) .....	31
3	CAPÍTULO III: INTRODUCCIÓN DE DATOS CON RESPECTO A LAS ALTURAS PLANTEADAS PARA EL ESTUDIO.....	32
3.1	Prueba de emisiones en el Parque Nacional el Cajas- Tres cruces	

(4200msnm) 32

3.2 Prueba de emisiones en el Parque Nacional el Cajas- Entrada vía a Patul

(4000msnm) 33

a. Prueba de emisiones en el Parque Nacional el Cajas- Dos Chorreras(3500msnm)..... 34

a. Prueba de emisiones en San Joaquín – Cooperativa Paraíso del Azuay (3000 msnm) 35

b. Prueba de emisiones en Cuenca – Parroquia Yanuncay (2500 msnm)..... 36

c. Prueba de emisiones en Girón – Leocapac (2000 msnm)..... 37

d. Prueba de emisiones en Santa Isabel- Lentag (1500 msnm) ..... 38

e. Prueba de emisiones en Santa Isabel –Andatalia (1000 msnm) ..... 39

f. Prueba de emisiones en Pucara-Sarayunga (500msnm)..... 40

3.10 Prueba de emisiones en Santa Rosa-Puerto Jeli (0 msnm)..... 40

3.11 Análisis estadístico..... 41

3.11.1 Método ..... 41

3.12 Información del factor..... 42

3.12.1 Monóxido de carbono (CO) ..... 43

3.12.2 Hidrocarburos (HC) ..... 49

3.12.3 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ..... 54

3.12.4 Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)..... 59

<b>CONCLUSIONES</b> .....	65
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	66
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	67
<b>ANEXOS</b> .....	72

### **Índice de Figuras**

FIGURA 1: AUTOMOTOR HINO CITY 300 - FUENTE: (TEOJAMA, 2020) .....	5
FIGURA 2: FASE DE ADMISIÓN DEL CICLO DIÉSEL - FUENTE: (EXPOCAPS, 2013) .....	8
FIGURA 3: FASE DE COMPRESIÓN DEL CICLO DIÉSEL - FUENTE: (EXPOCAPS, 2013).....	9
FIGURA 4: FASE DE COMBUSTIÓN DEL CICLO DIÉSEL - FUENTE: (EXPOCAPS, 2013) .....	10
FIGURA 5: FASE DE ESCAPE DEL CICLO DIÉSEL - FUENTE: (EXPOCAPS, 2013).....	11
FIGURA 6:EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN UN AUTOMOTOR DIÉSEL. - FUENTE: (GODOY JURADO, 2018) .....	16
FIGURA 7. GPS MAPS.ME. – FUENTE: (AUTORES, 2021).....	21
FIGURA 8.ANALIZADOR DE GASES - FUENTE: (AREVALO & ORTEGA, 2016) .....	22
FIGURA 9. CARMAN SCAN LITE - FUENTE: ( FOCUS TECHNOLOGY Co., LTD, 2021).....	22
FIGURA 10. MEDIDOR DE RPM Y TEMPERATURA DEL ACEITE DEL MOTOR. - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	23
FIGURA 11. MULTÍMETRO BOSCH. - FUENTE: (AESWAVE, 2020).....	23
FIGURA 12. ANALIZADOR DE GASES. - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	24
FIGURA 13. CONEXIÓN DE CABLES DEL MEDIDOR DE RPM. - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	25
FIGURA 14.SCANNER CARMAN SCAN LITE. - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	25
FIGURA 15.COLOCACION DE LA SONDA EN TUBO DE ESCAPE. – FUENTE: (AUTORES, 2021) ..	26

FIGURA 16. PARQUE NACIONAL EL CAJAS- TRES CRUCES (4200MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	27
FIGURA 17. PARQUE NACIONAL EL CAJAS- ENTRADA VÍA A PATUL (4000MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	28
FIGURA 18. PARQUE NACIONAL EL CAJAS- DOS CHORRERAS(3500MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	28
FIGURA 19.SAN JOAQUÍN – COOPERATIVA PARAÍSO DEL AZUAY (3000 MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	29
FIGURA 20. CUENCA – PARROQUIA YANUNCAY (2500 MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021)	29
FIGURA 21. GIRÓN – LEOCAPAC (2000 MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	30
FIGURA 22. SANTA ISABEL- LENTAG (1500 MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	30
FIGURA 23. SANTA ISABEL –ANDATALIA (1000 MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	31
FIGURA 24.PUCARA - SARAYUNGA (500 MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	31
FIGURA 25. SANTA ROSA – PUERTO JELI (0 MSNM). - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	32
FIGURA 26. MÉTODO TUKEY DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO) - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	46
FIGURA 27. COMPARACIÓN DE (CO), CON RESPECTO A LA ALTURA - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	47
FIGURA 28.ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DEL MONÓXIDO DE CARBONO CON RESPECTO A LA A ALTURA - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	48
FIGURA 29. DIFERENCIA DE LAS MEDIAS PARA HC. - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	52
FIGURA 30.INTERVALOS DE HC VS ALTITUD - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	53
FIGURA 31. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DE LOS HIDROCARBUROS CON RESPECTO A LA A ALTURA - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	54

FIGURA 32.DIFERENCIAS DE LAS MEDIDAS PARA CO2 - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	57
FIGURA 33.GRAFICA DE INTERVALOS DE CO2 VS ALTITUD - FUENTE: (AUTORES, 2021).....	58
FIGURA 34. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DEL DIÓXIDO DE CARBONO CON RESPECTO A LA A ALTURA - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	59
FIGURA 35. DIFERENCIAS DE LAS MEDIAS PARA NOX - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	62
FIGURA 36. INTERVALO DE NOX VS ALTITUD - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	63
FIGURA 37 .ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DE LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO CON RESPECTO A LA A ALTURA - FUENTE: (AUTORES, 2021) .....	64

### **Índice de Anexos**

<b>TABLA 1</b> CARACTERÍSTICAS DEL AUTOMOTOR HINO CITY 300 .....	6
<b>TABLA 2</b> LÍMITES DE OPACIDAD DE UN AUTOMOTOR A DIÉSEL.....	15
<b>TABLA 3</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 4200 MSNM.....	33
<b>TABLA 4</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 4000 MSNM.....	34
<b>TABLA 5</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 3500 MSNM.....	35
<b>TABLA 6</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 3000 MSNM.....	36
<b>TABLA 7</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 2500 MSNM.....	37
<b>TABLA 8</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 2000 MSNM.....	38
<b>TABLA 9</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 1500 MSNM.....	38
<b>TABLA 10</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 1000 MSNM.....	39
<b>TABLA 11</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 500 MSNM.....	40
<b>TABLA 12</b> DATOS DE EMISIONES DE CO, CO <sub>2</sub> , HC Y NOX A 0 MSNM.....	41
<b>TABLA 13</b> TIPOS DE HIPÓTESIS.....	42
<b>TABLA 14</b> FACTOR Y NIVELES .....	43

<b>TABLA 15</b> VALOR P DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO) .....	44
<b>TABLA 16</b> RESUMEN DE MODELO DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO) .....	44
<b>TABLA 17</b> DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO) .....	45
<b>TABLA 18</b> MÉTODO TUKEY DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO) .....	45
<b>TABLA 19</b> ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS HIDROCARBUROS (HC) .....	49
<b>TABLA 20</b> RESUMEN DE MODELO DE LOS HIDROCARBUROS (HC) .....	49
<b>TABLA 21</b> MEDIA Y PORCENTAJE DE CONFIANZA DE LOS HIDROCARBUROS (HC) .....	50
<b>TABLA 22</b> ANÁLISIS DE LA MEDIA A TRAVÉS DE TUKEY DE LOS HIDROCARBUROS (HC) .....	50
<b>TABLA 23</b> VALOR P DEL DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) .....	55
<b>TABLA 24</b> RESUMEN MODELO DEL DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) .....	55
<b>TABLA 25</b> MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) .....	56
<b>TABLA 26</b> MÉTODO TUKEY DEL DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) .....	56
<b>TABLA 27</b> VALOR P DEL OXIGENO (O <sub>2</sub> ) .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>TABLA 28</b> RESUMEN DEL MODELO DEL OXIGENO (O <sub>2</sub> ) .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>TABLA 29</b> MEDIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL OXIGENO (O <sub>2</sub> ) .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>TABLA 30</b> MÉTODO TUKEY DEL OXIGENO (O <sub>2</sub> ) .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>TABLA 31</b> VALOR DE P DEL ÓXIDO DE NITRÓGENO (NOX) .....	60
<b>TABLA 32</b> RESUMEN DE MODELO DEL ÓXIDO DE NITRÓGENO (NOX) .....	60
<b>TABLA 33</b> MEDIAS AGRUPADAS DEL ÓXIDO DE NITRÓGENO (NOX) .....	61
<b>TABLA 34</b> MÉTODO TUKEY DEL ÓXIDO DE NITRÓGENO (NOX) .....	61

## **INTRODUCCIÓN**

Con el transcurso del tiempo el incremento dentro de la industria automovilística y al desarrollo de nuevos medios transporte presentan un crecimiento considerable dentro del territorio ecuatoriano.

El análisis de gases del automotor Hino City 300 va de la mano de las diversas condiciones el cual será expuesto para verificar su rendimiento, sin embargo, las mismas van a variar dependiendo del lugar que se encuentra el automotor.

Algunos de los parámetros principales que van afectar de cierta manera a la medición de emisiones que son expulsados por el escape del automotor son diversos tales como: la variación de las alturas a la cual se encuentra ubicado el vehículo, en este caso a nivel y sobre nivel del mar, la variación de presión, la variación de la temperatura del ambiente, entre otras.

Al tener en cuenta la cantidad de emisiones contaminantes que producen los vehículos a diésel será de gran importancia conocer el lugar, altura, la temperatura, entre otras, en la cual el automotor antes mencionado produzca una mayor cantidad de emisiones contaminantes las mismas que son expulsados hacia el ambiente.

## **PROBLEMA**

Con el pasar del tiempo la industria referente a los automotores diésel se ha incrementado considerablemente, por lo cual los automóviles son elaborados bajo diferentes parámetros, lo cual determina el comportamiento del mismo en condiciones idóneas, en donde estas condiciones pueden variar acorde a la ubicación geográfica.

Según la (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador , 2020), referente a vehículos pesados la marca más comercializada es HINO con el 23.8%, en donde para el tema de estudio se utilizara el automotor Hino City 300, el mismo que se encuentra dentro de la categoría N1 según la (Norma Técnica Ecuatoriana ( NTE INEN 2656 ), 2016); este presenta una gran influencia en cuanto a la emanación de gases contaminantes al medio ambiente, los principales parámetros que logran influenciar en el ámbito de la contaminación son diversos, tales como: la altitud, cambios de temperatura, adherencia en diferentes rutas, entre otros factores, lo que lleva al aumento de la contaminación, provocando daños en la salud de los ecuatorianos y presentando efectos considerables en el medio ambiente por el elevado número de gases nocivos, los cuales son el producto de trabajo del motor .

### **Importancia y alcances**

Actualmente dentro de la institución será de gran importancia tener el conocimiento necesario referente a la cantidad de gases nocivos que son producidos por el automotor diésel de la marca Hino.

Por lo cual con el desarrollo del presente proyecto se tiene como propósito el análisis de gases del automotor Hino City 300 el cual será estudiado a diferentes alturas a nivel y sobre el nivel del mar. Por consiguiente, se analizará los diversos parámetros que van a influenciar en el correcto rendimiento del motor, a través de los datos que serán obtenido en

las alturas planteadas se podrán obtener resultados con bajo porcentaje de error.

Posteriormente, mediante los datos obtenidos del automotor Hino City 300 se podrá llegar a realizar un análisis comparativo, en donde se podrá conocer el nivel de emanación de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), al momento de que el vehículo se encuentre a una determinada altura a nivel y sobre el nivel del mar. Para la cual se usará el software Matlab, el mismo que permitirá obtener las curvas de comportamiento con respecto a la emanación de gases del automotor.

Finalmente se podrá realizar un análisis descriptivo entre los datos obtenidos a diferentes alturas logrando de esta manera ver cómo afecta el aumento de presión en la emanación de gases de escape.

### **Delimitación**

El presente proyecto se va a realizar a nivel y sobre el nivel del mar con respecto a los parámetros antes mencionados, como por ejemplo los cambios de temperatura, cambio de presión, altitud entre otras; por lo cual el comportamiento del automotor va a variar, dado que el fabricante se basa en las condiciones ideales del vehículo para mostrar el comportamiento del mismo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general.**

Analizar las emisiones de gases producidas por el automotor Diésel Hino City 300 mediante la normativa euro 3 para la determinación del nivel de contaminación a diferentes alturas sobre el nivel del mar.

### **Objetivos específicos**

- Estudiar el estado de arte mediante la investigación bibliográfica para la comprensión de los conceptos importantes de estudio.
- Obtener información referente a las emisiones contaminantes a diferentes alturas como son a nivel del mar, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4200 metros sobre el nivel del mar(msnm) mediante el análisis de gases para la interpretación de los distintos niveles de contaminación.
- Evaluar los datos obtenidos a diferentes alturas mediante un análisis estadístico con respecto a los niveles de contaminación para la determinación del grado de influencia de los gases de escape producidos por el automotor Hino City 300.

# 1 CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS: ANÁLISIS DEL ESTADO DE ARTE

En el presente capítulo se detalla el estado de arte mediante los datos específicos del vehículo a trabajar, el cual contiene diferentes características las mismas que corresponde al automotor HINO City 300 del año 2017, así como también las diferentes emisiones contaminantes es necesario conocerlas para generar un modelo estadístico conforme al desempeño del automotor con respecto a las diferentes alturas.

## 1.1 Características del Vehículo

El automotor Hino City 300 del año 2017 presenta una potencia de 108Hp con una capacidad de carga máxima de 2725kg, este tipo de vehículo posee tracción en el eje posterior (GRUPO MAVESA, 2020)



*Figura 1: Automotor Hino City 300 - Fuente: (Teojama, 2020)*

## 1.2 Ficha técnica del vehículo

Tabla 1

*Características del Automotor Hino City 300 – Fuente: (Grupo Mavesa, 2020)*

<i>Motor</i>	<i>Especificaciones</i>
<i>Cilindraje</i>	4 009 cm <sup>3</sup>
<i>Numero de Cilindros</i>	4 en línea
<i>Torque máximo</i>	32Kgf .m 1600Rpm
<i>Potencia</i>	108 hp a 2500 Rpm
<i>Nivel de emisiones</i>	Euro 3
<i>Sistema de válvulas</i>	OHV-Válvulas
<i>Sistema de combustible</i>	Inyección electrónica- Riel común
<i>Sistema de admisión de aire</i>	Turbo -Intercooler
<i>Tipo de combustible</i>	Diesel
<i>Tipo de inyección</i>	Directa
<i>Capacidad del tanque</i>	100L
<i>Tipo de refrigeración</i>	Presurizado con termostato
<i>Tipo de ventilador</i>	Embrague
<i>Capacidad de carga máxima</i>	2725 kg / 2555kg

### **1.3 Motor de ciclo Diésel**

El motor del vehículo Hino City 300 de combustión interna cuyo funcionamiento se basa en el ciclo Diesel, este ciclo se genera cuando el aire se encuentra comprimido dentro de la cámara de combustión, hasta llegar al punto muerto superior (PMS), logrando inyectar combustible cuando el pistón se encuentra en la posición antes mencionada ocasionando que el aire de su interior llegue a la temperatura idónea para su correcto funcionamiento. Rudolph Diesel da a conocer un nuevo sistema de inyección de tal forma la inyección del combustible se tarde logrando obtener presión constante en todo el sistema. (Morales, 2014)

La combustión que se logra dentro del motor diésel, inicia al momento que la temperatura del aire aumenta la misma que es ocasionada por la elevada presión que se encuentra dentro de la cámara de combustión la cual es producida por el desplazamiento del pistón.

Los motores Diésel por lo general funcionan en cuatro tiempos los mismos que cumplen diferentes fases como: admisión, compresión, potencia o explosión y escape. (Leenlipa, 2008)

### **1.4 Ciclo de funcionamiento de motor diésel**

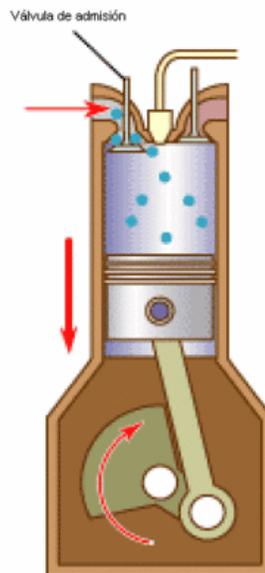
Por medio de la energía emitida por parte del trabajo del motor diésel la misma que logra generar un funcionamiento mecánico. Para lo cual el motor del automotor Hino City 300 del año 2017 cumple con las cuatro fases establecidas en la cual durante la (fase 1) aspira aire del entorno en la que encuentra movilizado el vehículo, para posteriormente lograr su compresión dentro de la cámara de combustión del motor en línea dando, así como finalizado la (fase2). La inyección de combustible se origina al final de la fase 2 es decir próximo al punto muerto superior (PMS), de esta manera al haberse logrado la compresión del aire y

teniendo en cuenta la temperatura elevada se logra producir la explosión del combustible dentro de la cámara, lo cual ocasiona el desplazamiento del pistón (fase 3). Al finalizar la fase anteriormente descrita, los gases producidos son expulsados hacia el medio ambiente donde se da completado el ciclo de funcionamiento del motor a diésel. (Leenlipa, 2008)

A continuación, se detalla cada una de las fases producidas en el motor de ciclo diésel tales como:

#### **1.4.1 Admisión**

En la primera fase del ciclo de motor diésel se ocasiona el ingreso del aire por medio de la apertura de la válvula de admisión en donde el pistón se desplaza hasta llegar el punto muerto inferior, una vez finalizado su desplazamiento la válvula de admisión se cierra y el aire aspirado se almacena en el interior del cilindro, a lo largo de esta fase el árbol de levas hace un giro aproximado de  $90^\circ$  y el cigüeñal de  $180^\circ$  (GUAITA & SARANAGO, 2013)



*Figura 2: Fase de admisión del ciclo diésel - Fuente: (EXPOCAPS, 2013)*

#### **1.4.2 Compresión**

La siguiente fase la válvula de admisión y la válvula de escape permanecen cerradas la misma que permite que el aire se comprima al producirse el desplazamiento del pistón hacia el punto muerto superior de tal manera se logra elevar la temperatura con una relación aproximada entre 14 hasta 22 del volumen de la cámara. En este momento el cigüeñal completa los 360° lo cual podemos decir que cumple con la mitad del ciclo de funcionamiento del motor. (GUAITA & SARANAGO, 2013)

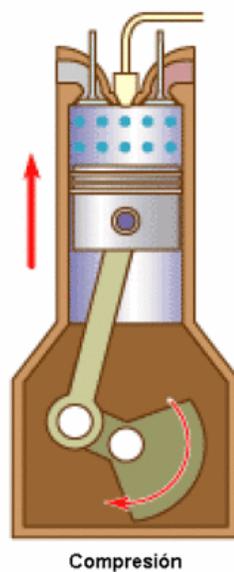


Figura 3: Fase de Compresión del ciclo diésel - Fuente: (EXPOCAPS, 2013)

### 1.4.3 Combustión

Como tercera fase el combustible es pulverizado antes que llegue el pistón al punto muerto superior dentro de la cámara de combustión logrando inflamarse al momento que hace contacto con el aire a presión que se encuentra dentro de este sitio, originando una temperatura de inflamación de (600-650°C) aproximadamente. Al momento de desplazarse el pistón hacia el punto muerto inferior (PMS) las válvulas se encuentran cerradas, en el

transcurso de esta fase el cigüeñal efectúa su tercer recorrido de 180°. (GUAITA & SARANAGO, 2013)

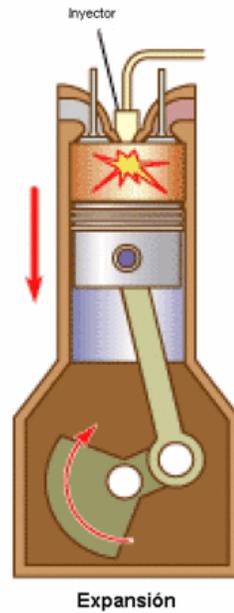


Figura 4: Fase de Combustión del ciclo diésel - Fuente: (EXPOCAPS, 2013)

#### 1.4.4 Escape

La última fase el pistón es impulsado al punto muerto inferior para posteriormente expulsar los gases generados por la combustión dentro del cilindro a través de la válvula de escape y finalmente se vuelve a producir las fases establecidas anteriormente de esta manera el cigüeñal gira 180° completando su ciclo de trabajo (Leenlipa, 2008)

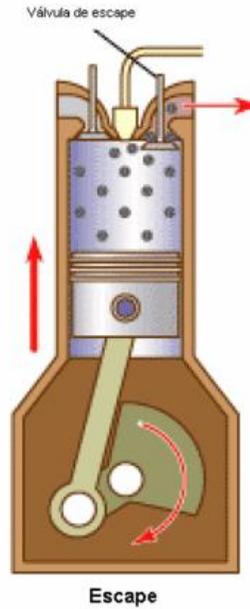


Figura 5: Fase de Escape del ciclo diésel - Fuente: (EXPOCAPS, 2013)

## 1.5 Emisiones contaminantes producidas por los automotores

Los distintos vehículos que se propulsan a través de un motor a diésel producen distintos contaminantes los cuales se puede considerar en dos factores principales:

- Gases expulsados por el escape de un automotor
- Gases evaporativos.

### 1.5.1 Gases expulsados por el escape de un vehículo

Los vapores producidos después por la quema del diésel, lo cual generan diferentes emisiones contaminantes, estas son:

- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )
- Material particulado (MP)

Los diferentes gases producidos por vehículos pueden depender en sus características por lo que al tener mayor cantidad de sistemas de control estas emisiones van a producir menor cantidad de estos. Los automotores a diésel producen mayor contaminación por kilómetro de recorrido al no poseer un sistema de catalizador por lo que va a tener una mayor concentración azufre en expulsión de gases. Los diferentes combustibles que se utilizan en un motor de combustión interna, sus compuestos principales son el hidrogeno y carbono, al tener una correcta combustión se produciría agua y en dióxido de carbono, pero generalmente estos motores no tienen una correcta combustión por lo que generan estos contaminantes:

#### **1.5.1.1 Dióxido de carbono**

Este tipo de emisión es conocido como anhídrido carbónico el mismo que encuentra compuesto por carbono y oxígeno, la cual es liberado por los seres vivos, este gas no afecta a la calidad de vida del ser humano, pero es uno de los gases que provocan el efecto de invernadero. Los niveles de CO<sub>2</sub> en actualidad son muy bajos con un 0.035% lo cual no producen los efectos anteriormente nombrados. (Jarrin, 2015)

#### **1.5.1.2 Monóxido de carbono**

Al momento que el motor realice una combustión incompleta se origina el monóxido de carbono (CO), el mismo que por lo regular se da al estar frío el motor provocando que la relación aire combustible no sea la correcta, a pesar de este efecto los automotores a diésel generalmente funcionan con mezclas pobres. El (CO) también se originan por no tener una correcta pulverización. Este gas es tóxico para todos los seres vivos. (MASAQUIZA & VIZUETE, 2012)

#### **1.5.1.3 Óxidos de nitrógeno**

Los óxidos de nitrógeno se encuentran conformados por el dióxido de nitrógeno

(NO<sub>2</sub>) y óxido nítrico los cuales son productos de la combustión a elevadas temperaturas, estos gases son expulsados por el sistema de escape, la cual al mezclarse con el oxígeno forman el gas conocido como el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) el mismo que es más dañino para los seres vivos y el medio ambiente. Referente al transporte según estadísticas el 40 al 70% de la contaminación son los óxidos de nitrógeno. (García, 2015)

La combustión de los motores diésel actualmente se considera como uno de los principales causantes de originar la emanación de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

#### **1.5.1.4 Material particulado**

Las partículas producidas por motores de combustión interna son uno de los mayores elementos que afectan a la salud de los seres vivos, logrando producir enfermedades respiratorias. (García, 2015)

Este material se origina durante el proceso de combustión permitiendo la aglomeración de partículas no quemadas de combustible, aceite y cenizas de gasóleo. Para la formación de estas partículas dependen de diversos factores como la calidad de combustible, aceite, entre otras.

El tamaño de dichas partículas va a establecer la cantidad de contaminación que se efectúa por medio de este gas. De tal manera las partículas se logran clasificar con respecto a su tamaño como son la PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> (MASAQUIZA & VIZUETE, 2012)

#### **1.5.1.5 Material particulado PM 10**

Este material particulado ocasiona diferentes consecuencias a los seres vivos entre las cuales destaca problemas a los sistemas respiratorio y problemas pulmonares. Este material se origina por medio de máquinas las cuales llegan utilizar el diésel como combustible. El tamaño de este material particulado es de 10µm. (Fontaneda, 2016)

### **1.5.1.6 Material particulado PM 2.5**

Este material particulado ocasiona diferentes consecuencias generalmente por el tráfico urbano en la cual las personas se encuentran directamente expuestas y por ende se ve afectada la salud de los mismos entre la cual destaca problemas a los sistemas respiratorios y problemas pulmonares. Este material particulado posee un diámetro de  $2,5\mu\text{m}$ , el cual es más perjudicial que el material particulado es de  $10\mu\text{m}$  ya que se deposita en el torrente sanguíneo. (Fontaneda, 2016)

### **1.5.1.7 Hidrocarburos (HC)**

Los hidrocarburos (HC) se generan a partir de una combustión incompleta en la cual los motores diésel producen los hidrocarburos en mínimas cantidades dado que su funcionamiento se basa en las mezclas pobres producidas dentro de la cámara de combustión, algunas de las consecuencias que producen los hidrocarburos son problemas en la visión, en la piel y en el sistema respiratorio (MASAQUIZA & VIZUETE, 2012)

### **1.5.1.8 Gases evaporativos**

Las emisiones evaporativas son causadas por vehículos en estado estacionario o cuando se encuentran realizando un recorrido. Este tipo de emisiones dependen de varios factores como la altura, la temperatura y presión de los vapores producido por los combustibles. Este tipo de emisiones pueden ser generadas durante el día, también se pueden producir cuando el automóvil se apaga después de un recorrido o al recargar el combustible. (INESEMARNAT, 2005)

## **1.6 Normativa EURO y Nacional**

La norma euro está vigente desde el 1988 la cual es el ente encargado de limitar las emisiones contaminantes que se producen en la Unión Europea, al ser emitidos por los

automotores a diésel y o gasolina es decir vehículos de transporte liviano y pesado. Con el pasar el tiempo la normativa euro 0 ha evolucionado de la mano con la tecnología que se ha llegado implementar dentro de los automotores.

A partir del año 2014 aproximadamente se implementó la norma euro 6 la cual hace referencia para vehículos pesados. Cabe recalcar que los datos antes mencionados surgieron en la Unión Europea, pero, sin embargo, la normativa que rige en el estado ecuatoriano es la Norma EURO III, la misma que se estableció en el año 2017. Actualmente dentro del país gobierna la normativa técnica ecuatoriana *NTE INEN 2207: 2002 -1R*, la cual es la encargada en controlar las emisiones contaminantes que son producidas por vehículos a diésel (Cabrera & Carpio, 2019).

La normativa *NTE INEN 2207: 2002 -1R*, establece los límites de emisiones contaminantes producidas por los automotores a diésel la cual se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Límites de opacidad de un automotor a diésel. - Fuente: (NTE INEN 2207, 2002)*

<i>AÑO MODELO</i>	<i>OPACIADAD [%]</i>
<i>2000 y posteriores</i>	50
<i>1999 y anteriores</i>	60

La normativa *NTE INEN 2202: 2000-1R*, establece los niveles de opacidad con respecto a las emisiones de escape de los automotores para la cual se realiza una prueba estática la misma que se conoce como el Método de Aceleración libre, en donde se detalla las condiciones y el procedimiento a seguir en el cual describe los pasos y las condiciones necesarias. (NTE INEN 2202, 2000)

## 1.7 Efecto de la altura en el rendimiento del motor

Los motores con ciclo diésel para su correcto funcionamiento necesitan una mezcla idónea de aire y combustible, algo que en condiciones normales es muy fácil de obtener, pero si comparamos cuando el vehículo se encuentra circulando a una elevada altura sobre el nivel mar tanto el rendimiento y la eficiencia del mismo se pueden ver involucrados. Logrando alterar la emisión de gases contaminantes en el medio ambiente. (Donaire, 2018)

El efecto de la altitud se considera uno de los principales factores que afecta de manera directa a los motores de combustión interna. Este efecto ocurre debido a la variación de la presión atmosférica, la misma que afecta a la relación de aire combustible, es decir el momento en la cual la presión decrece va ocasionar una pérdida de potencia dado que la presión dentro del cilindro va ser menor a la establecida por el fabricante, es por esto que en cuanto a la variación de potencia va a cambiar dependiendo a la altitud que se encuentre circulando el automotor. (Lapuerta, Armas, Agudelo, & Agudelo, 2006)

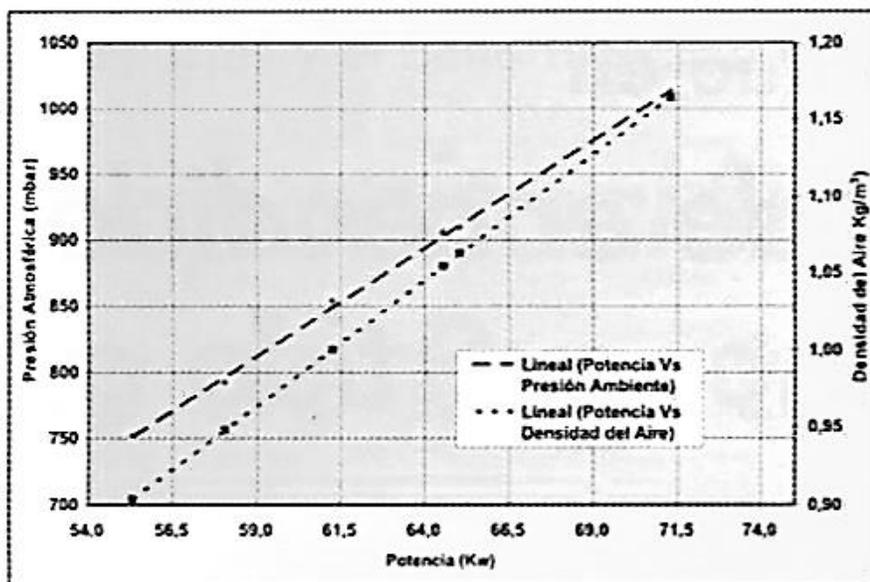


Figura 6: Efecto de la presión atmosférica en un automotor diésel. - Fuente: (Godoy Jurado, 2018)

Debido a la pérdida de potencia los automotores se ven afectados en su desempeño, generando así un consumo excesivo de combustible al tratar de evitar la misma. Al modificarse la densidad del aire, a transcurso de cierto recorrido del automotor el chorro de combustible inyectado y el ingreso de aire hacia la cámara de combustión afectan de cierta manera en el proceso de combustión. (Lapuerta, Armas, Agudelo, & Agudelo, 2006)

## **1.8 Consecuencia social**

Con el aumento del parque automotor – diésel en el Ecuador ha provocado al incremento de emisiones contaminantes por el proceso de combustión del vehículo afectando de manera directa a todos los ciudadanos y al ecosistema.

Las emisiones de gases producidas por el automotor son generadas por la falta de tratamiento al diésel, el mismo que contiene una cantidad alta de azufre lo que conlleva a una mayor contaminación y aun deterioro a los diversos automotores.

### **1.8.1 Causa de las emisiones contaminantes en la salud de las personas**

Al aumentar el desarrollo del planeta producto de las necesidades de las personas provocan la desestabilización del medio ambiente y son causantes de diferentes enfermedades las cuales pueden llegar a ser letales, entre las más frecuentes son las siguientes:

- enfermedades respiratorias
- cáncer de pulmón
- ataques cardíacos

Las enfermedades antes mencionadas son producto de la inhalación de gases contaminantes producto de los automóviles y las diferentes industrias. A continuación, se detallará cada una de las enfermedades

### **1.8.1.1 Enfermedades Respiratorias**

Las enfermedades respiratorias se producen por la alta exposición a los gases producido por los automotores a diésel en donde llevan consigo diferentes síntomas las cuales se pueden ver reflejadas en la inflamación de vías respiratorias, incluyen irritación de nariz, dolor de la cabeza, irritación de los ojos, náuseas, entre otras. En los niños provocan reacciones alérgicas y asma el mismo que puede observar en los habitantes que viven en zonas cercanas a alto tráfico vehicular. (Moms clean air force, 2017)

### **1.8.1.2 Cáncer**

Los gases que son expulsados por el escape de un vehículo a diésel producen enfermedades de tipo carcinógeno, las mismas que se relaciona al cáncer de vejiga y pulmonar. Los niños al estar expuestos a las emisiones emitidos por los automotores, suelen producir tumores cerebrales los cuales pueden ser letales. (OMS, 2021)

### **1.8.1.3 Enfermedades cardiovasculares**

Las enfermedades cardiovasculares dan origen a diversos efectos como son ataques al corazón, reducción del flujo sanguíneo, reducción del corazón, infarto, entre otros. Él personal que se encuentre expuesto directamente en las emisiones diésel tienen una alta probabilidad de contraer o sufrir enfermedades cardiovasculares. (Lara, 2020)

### **1.8.1.4 Enfermedades sistema nervioso**

Las personas al encontrarse expuesto de una manera prolongada a gases emitidos por los automotores diésel pueden afectar directamente al habla y la memoria de los mismos, en cuanto a las mujeres en estado de gestación al encontrarse a dicho contaminante tiene una alta probabilidad de que sus hijos nazcan con autismo. (OMS, 2021)

## **1.9 Impacto medioambiental**

La contaminación se puede dar de dos maneras:

- Origen Natural
- Origen artificial

Las mismas que dan origen a elevadas tasas de contaminación afectado de manera directa a los seres vivos del entorno, toda emisión que es expulsado directamente al ambiente presenta diversas consecuencias en cuanto a la calidad del aire tales como: efecto invernadero, lluvia acida entre otros. (Ortiz Vallejo, 2014)

## **2 CAPITULO II: PROCESO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS REFERENTE A LAS EMISIONES CONTAMINANTES A DIFERENTES ALTURAS**

La finalidad del proyecto de investigación es comprender la normativa europea la cual busca mantener controlados los índices de contaminación de los automotores que utilizan diésel como combustible. De otra manera se analiza los índices de variación de los diferentes gases propuesto al estudio, como son dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Hidrocarburos (HC), las cuales serán analizadas a diferentes alturas como: 0, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 y 4200 (msnm), a una velocidad del motor de 2000 rpm, con objetivo de conocer el grado de contaminación del automotor propuesto.

### **2.1 Medición de emisiones contaminantes a diferentes alturas a nivel y sobre nivel del mar.**

El proyecto técnico hace referencia a comprender la alteración de las emisiones contaminantes que son producto del motor diésel la misma que afecta a la salud de los seres vivos y al medio ambiente. De tal manera las emisiones que produce el automotor pueden verse afectada por diversas circunstancias como la altura, temperatura, presión atmosférica, la misma que dará origen a la variación de concentración de los gases contaminantes anteriormente nombrados.

la toma de datos se realizó en distintas localidades dependiendo de la altura tales como:

Santa Rosa sector Puerto Jeli (0 msnm), Pucara sector Sarayunga (500 msnm), Santa Isabel sector Andatalia (1000 msnm), Santa Isabel sector Lentag(1500) , Girón sector Leocapac (2000 msnm), Cuenca, parroquia Yanuncay sector la Asunción (2500 msnm), San

Joaquín, sector Cooperativa Paraíso del Azuay (3000 msnm), Parque nacional el Cajas sector las dos chorreras (3500 msnm), Parque nacional el Cajas sector entrada a la Vía a Patul (4000 msnm), Parque nacional el Cajas sector tres cruces(4200 msnm)

## 2.2 GPS MAPS.ME

El GPS MAPS. ME está diseñado para el uso mediante dispositivos inteligentes la misma que se encuentra equipado para medir la altura, seleccionar coordenadas y visualizar la ubicación actual donde se encuentre el dispositivo para la toma de datos.

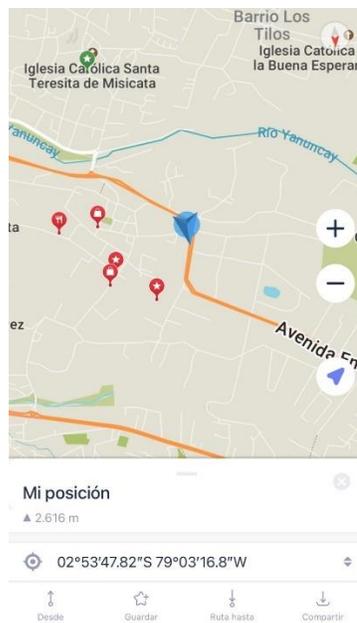


Figura 7. GPS MAPS.ME. – Fuente: (Autores, 2021)

## 2.3 Analizador de gases QGA-6000

El analizador de gases QGA- 6000, se encuentra diseñado para medir 4 tipos de gases como son (CO, HC, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>), con la opción de medir un quinto gas que es el NO<sub>x</sub> y además da a conocer la relación aire/combustible. Esta unidad esta provista con un software para conectarse a una PC, también contiene la comunicación RS – 232 para visualización en el Carman AT. (Ultipixel, 2018)



Figura 8. Analizador de gases - Fuente: (Arevalo & Ortega, 2016)

## 2.4 Carman Scan Lite

Mediante el uso del equipo Carman Scan Lite se puede observar el comportamiento del automotor con respecto a los ítems requeridos tales como la temperatura del anticongelante, la presión del colector de admisión, los rpm que se encuentra revolucionado el automotor, la presión atmosférica y el tiempo de inyección.



Figura 9. Carman Scan Lite - Fuente: ( Focus Technology Co., Ltd, 2021)

## 2.5 Medidor de Rpm y Temperatura del aceite

Mediante el uso de este equipo, se logra conocer las revoluciones a la cual se

encuentra sometido el automotor y la temperatura del lubricante.



Figura 10. Medidor de rpm y Temperatura del aceite del motor. - Fuente: (Autores, 2021)

## 2.6 Multímetro Bosch

Mediante el uso de este equipo permite visualizar la temperatura del ambiente y del filtro de ingreso del aire.



Figura 11. Multímetro Bosch. - Fuente: (Aeswave, 2020)

## 2.7 Emisiones de gases de escape (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y HC)

Las emisiones de gases nocivos al ambiente se producen por medio de un sinnúmero de factores tales como pueden ser la tecnología del automotor, dependiendo del estado actual del motor el sistema de escape que presenta el vehículo en cuestión, los distintos niveles de oxígeno en el medio ambiente, el nivel de octanaje del combustible, entre otros. Las emisiones que muestran un mayor riesgo son CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> Y HC los cuales fueron medidos

por medio del analizador de gases, en donde el número de muestras que fueron tomadas se las realizaron mediante la sonda del equipo QGA 6000.

### **2.8 Procedimiento para la recopilación de datos de las emisiones de gases de escape.**

Al momento de iniciar con la toma de datos con respecto a los gases de escape, lo primordial es que el motor debe encontrarse a una temperatura normal de funcionamiento entre 80 o 85 °C. Posteriormente se realizaron todas las conexiones necesarias en cuanto a la instalación de la sonda y se efectuó la conexión de alimentación eléctrica mediante un transformador de voltaje 12v a 110v para el analizador de gases (QGA 6000).



*Figura 12. Analizador de gases. - Fuente: (Autores, 2021)*

El siguiente paso es conectar el medidor de Rpm en el motor cuando este se encuentra apagado, posterior a esto se enciende el automotor y se espera que se estabilice para poder encender el analizador de gases y el medidor de rpm, este paso tarda entre 10 a 15 minutos.



Figura 13. Conexión de cables del medidor de Rpm. - Fuente: (Autores, 2021)

Después de encender el automotor se prepara el scanner Carman Scan Lite para conectar a la entrada del automotor OBD -II y se configura el mismo con los datos correspondientes.

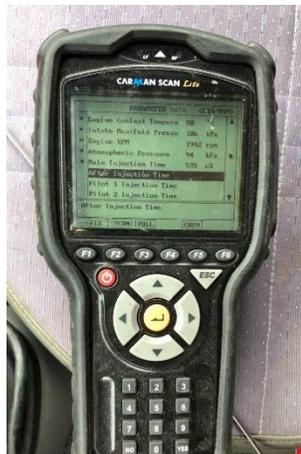


Figura 14. Scanner Carman Scan Lite. - Fuente: (Autores, 2021)

Una vez realizado todos los pasos mencionados anteriormente, procedemos a colocar la sonda para dar inicio a la toma de datos.



*Figura 15. Colocación de la sonda en tubo de escape. – Fuente: (Autores, 2021)*

## **2.9 Especificación de las diferentes zonas para la recopilación de Datos**

La recopilación de datos inicio de forma descendente realizando las tomas desde el punto más alto con el fin de ejecutar los diferentes procesos manteniendo un orden lógico.

Para la toma de datos las zonas fueron las siguientes:

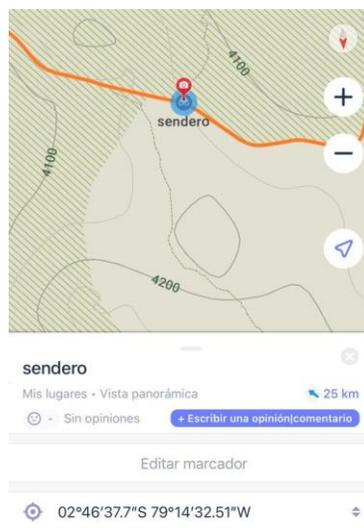
Parque Nacional el Cajas- Tres cruces, con una altura aproximada 4200 msnm siendo la misma que se encuentra el punto más alto para iniciar con este estudio, Posterior a esto se establecieron dos puntos dentro del Parque Nacional el Cajas situándose en la- Entrada a la vía Patul con una altura aproximada de 4000 msnm y sector Dos Chorreras con una altura de 3500 msnm. Luego se realizó la toma a una altura de 3000 msnm, la misma que se encuentra San Joaquín sector Cooperativa Paraíso del Azuay, posterior a esta toma se realizó en la ciudad de Cuenca en la parroquia Yanuncay sector la Asunción a una altura de 2500 msnm, una vez realizado las tomas en los puntos más altos del estudio procedimos a descender e iniciar con la toma de 2000 msnm la cual se encuentra ubicada en Girón sector Leocapac, continuamos con dos tomas realizadas en Santa Isabel la primera corresponde a una altura de 1500 msnm la cual se encuentra ubicada en Lentag y la segunda se encuentra ubicada en el sector del rio Rircay. Finalmente se realizó las dos últimas tomas las cuales se sitúan a una altura 500 msnm ubicada en Pucara sector Sarayunga y a una altura de 0 msnm la misma que

en la provincia del Oro en la parroquia Santa Rosa sector Puerto Jeli, siendo esta la altura más baja para el desarrollo del proyecto técnico.

Los lugares antes mencionados fueron seleccionados mediante la aplicación Maps.me, lo cual permite observar la ubicación y la altura en la que se encuentra el automotor en trascurso del estudio.

### **2.9.1 Parque Nacional el Cajas- Tres cruces (4200msnm)**

Con la primera toma de datos se realizó en el Parque Nacional el Cajas con una altitud de 4200 msnm, la misma se determinó mediante el uso de Maps. Me, esta toma se realizó en el estacionamiento del mirador de tres cruces a una de revolución de motor de 2000 rpm.



*Figura 16. Parque Nacional el Cajas- Tres cruces (4200msnm). - Fuente: (Autores, 2021)*

### **2.9.2 Parque Nacional el Cajas- Entrada vía a Patul (4000msnm)**

Esta toma se realizó a una altura de 4000 msnm la cual se determinó mediante el uso del altímetro que se encuentra en la aplicación Maps. Me, en la cual la prueba de gases se llevó en la entrada de la vía a Patul a 2000 rpm.



Figura 17. Parque Nacional el Cajas- Entrada vía a Patul (4000msnm). - Fuente: (Autores, 2021)

### 2.9.3 Parque Nacional el Cajas- Dos Chorreras(3500msnm)

Esta toma se realizó a una altura de 3500 msnm la cual se encuentra ubicada en el Parque Nacional el Cajas en donde la toma se realizó en la Hostería San Juan a 2000 rpm.



Figura 18. Parque Nacional el Cajas- Dos Chorreras(3500msnm). - Fuente: (Autores, 2021)

### 2.9.4 San Joaquín – Cooperativa Paraíso del Azuay (3000 msnm)

La altura de los 3000 msnm del se obtuvo mediante el uso del altímetro, la misma que se encuentra ubicada en la Parroquia de San Joaquín, la toma de datos se realizó en el sector

de la Cooperativa Paraíso del Azuay a 2000 rpm.

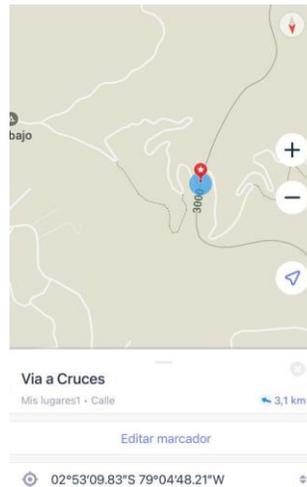


Figura 19. San Joaquín – Cooperativa Paraíso del Azuay (3000 msnm). - Fuente: (Autores, 2021)

### 2.9.5 Cuenca – Parroquia Yanuncay (2500 msnm)

Esta toma se realizó a una altura de 2500 msnm la cual se encuentra en la Parroquia de Yanuncay en el cantón Cuenca, las pruebas de escape se realizaron cerca del parque de la Asunción a 2000 rpm.



Figura 20. Cuenca – Parroquia Yanuncay (2500 msnm). - Fuente: (Autores, 2021)

### 2.9.6 Girón – Leocapac (2000 msnm)

La siguiente toma se realizó a una altura de 200 msnm la misma que encuentra

ubicada en el Girón específicamente en el sector de Leocapac a 2000 rpm.



Figura 21. Girón – Leocapac (2000 msnm). - Fuente: (Autores, 2021)

### 2.9.7 Santa Isabel- Lentag (1500 msnm)

Esta toma de datos se realizó en el cantón Santa Isabel en Lentag específicamente en la molienda Mi Estancia propiedad de Luisiano Hurtado a una altura de 1500 msnm con una velocidad del motor de 2000 rpm.

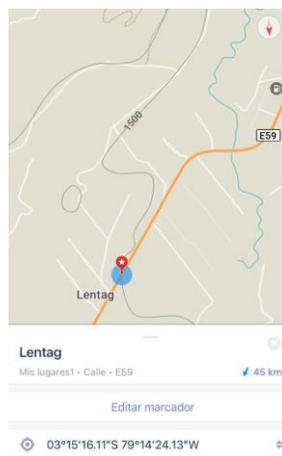


Figura 22. Santa Isabel- Lentag (1500 msnm). - Fuente: (Autores, 2021)

### 2.9.8 Santa Isabel –Andatalia (1000 msnm)

Para realizar la toma de datos de 1000 msnm a una velocidad del motor de 2000 rpm, se escogió el sector de Andatalia en el cantón de Santa Isabel, la misma que se encuentra a

orillas del río Rircay.



Figura 23. Santa Isabel –Andatalia (1000 msnm). - Fuente: (Autores, 2021)

### 2.9.9 Pucara - Sarayunga (500 msnm)

Con la ayuda del altímetro se seleccionó la altura de 500 msnm la cual se encuentra ubicada en el cantón Pucara específicamente en el sector Sarayunga, la toma de datos de realizo cerca del mercado Sarayunga, a la misma velocidad del motor anteriormente nombrada.



Figura 24. Pucara - Sarayunga (500 msnm). - Fuente: (Autores, 2021)

### 2.9.10 Santa Rosa – Puerto Jeli (0 msnm)

Finalmente, con la ayuda del altímetro se seleccionó la altura de 0 msnm la misma

que permitió realizar la última toma de datos, con una velocidad del motor de 2000 rpm la misma que se encuentra ubicado en la provincia del Oro específicamente en la parroquia de Santa Rosa sector Puerto Jeli

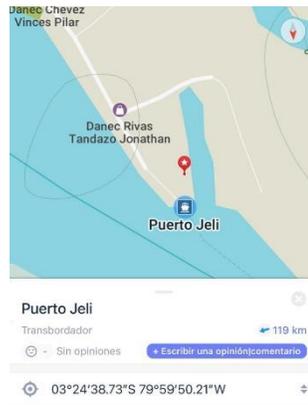


Figura 25. Santa Rosa – Puerto Jeli (0 msnm). - Fuente: (Autores, 2021)

### **3 CAPÍTULO III: INTRODUCCIÓN DE DATOS CON RESPECTO A LAS ALTURAS PLANTEADAS PARA EL ESTUDIO.**

Producto al estudio respectivo procedemos a realizar la correcta toma de datos en cada una de las alturas antes mencionadas, las misma que realizaron a una revolución del motor de 2000 rpm, logrando observar las variaciones correspondientes en las mismas.

#### **3.1 Prueba de emisiones en el Parque Nacional el Cajas- Tres cruces (4200msnm)**

Previo a realizar la respectiva toma de datos del motor en el Parque Nacional el Cajas-Tres Cruces, se obtuvo una temperatura de 18°C y una presión atmosférica de 61.2 kPa o 612 hPa. Dentro de la tabla 3 se puede observar los datos respectivos de las emisiones de monóxido de carbono (CO) según el trabajo del motor, las mismas que llegó a tener un promedio de 0.045% Vol respecto a la altura que se encuentra el automotor para el respectivo estudio. Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se encontraron al momento de

realizar las respectivas pruebas a la altura de 4200 msnm son de 1.75% Vol, por otra parte, los Hidrocarburos (HC) presentaron un promedio de 41.5 ppm y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) presentaron un promedio alrededor de 186.5 ppm con respecto a la altura seleccionada para el estudio.

**Tabla 3**

*Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC y NO<sub>x</sub> a 4200 msnm. - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (% Vol.)</b>	<b>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (ppm)</b>
4200 msnm	2000	0.03	1.7	44	178
		0.05	1.8	41	173
		0.05	1.8	41	205
		0.05	1.7	40	190
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.045(%Vol.)</b>	<b>1.75(%Vol.)</b>	<b>41.5(ppm)</b>	<b>186.5 (ppm)</b>

### **3.2 Prueba de emisiones en el Parque Nacional el Cajas- Entrada vía a Patul**

#### **(4000msnm)**

La temperatura situada en el parque nacional las Cajas en la entrada vía a Patul fue de 17.5 °C y la presión atmosférica presente a esa altura es de alrededor de 62 kPa o 620 hPa. Estos datos fueron considerados para el estudio debido a que son factores los cuales influyen al momento de realizar la toma de datos con respecto a las emisiones de gases de escape. En la tabla 4 se puede observar la variación existente en cuanto a la emisión de Monóxido de carbono (CO), las mismas que fueron de 0.035 % Vol., por otro lado en cuando al estudio del gas dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) arrojó como resultado un promedio alrededor de 1.82 % Vol., se prosiguió también a estudiar los Hidrocarburos los mismos que dieron como resultado un

promedio de 42 (ppm) y por último se estudió el óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) el cual presentó un promedio alrededor de 169 ppm con respecto a la altura seleccionada para este proyecto.

**Tabla 4**

*Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub> A 4000 msnm. - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (% Vol.)</b>	<b>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (ppm)</b>
4000 msnm	2000	0.04	1.8	42	175
		0.04	1.9	44	153
		0.03	1.8	41	178
		0.03	1.8	41	170
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.035(%Vol.)</b>	<b>1.82(%Vol.)</b>	<b>42(ppm)</b>	<b>169 (ppm)</b>

**a. Prueba de emisiones en el Parque Nacional el Cajas- Dos**

**Chorreras(3500msnm)**

Los datos obtenidos en cuanto a temperatura ambiente son de 18.9 °C, en esa localidad se encuentra una altura aproximada de 3500 msnm la misma que presenta una presión atmosférica de 67 kPa o 670 hPa, Los datos mostrados en la tabla 5 presenta el nivel o variación en cuanto a los distintos gases que son emanados por el automotor con un nivel de Monóxido de carbono (CO) de 0.035 % Vol., por consiguiente, los resultados con respecto al Dióxido de carbono son de 1.825 % Vol., Las emisiones de los hidrocarburos presentes en el escape del automotor es de 45.75 (ppm) y finalizando las tomas en cuanto al gas de óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) presenta un promedio de 163.2 (ppm), con respecto a la altura seleccionada.

**Tabla 5**

*Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub> A 3500 msnm. - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (% Vol.)</b>	<b>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (ppm)</b>
3500 msnm	2000	0.04	1.9	42	159
		0.03	1.9	46	157
		0.04	1.8	47	175
		0.03	1.7	48	153
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.035(% Vol.)</b>	<b>1.825(%Vol.)</b>	<b>45.75(ppm)</b>	<b>163.2 (ppm)</b>

**a. Prueba de emisiones en San Joaquín – Cooperativa Paraíso del Azuay  
(3000 msnm)**

En cuando a la variación de temperatura en el sector de la cooperativa paraíso del Azuay el mismo que arrojó un resultado de 18.5 °C, y una presión atmosférica de 70kPa O 700 hPa.

Los datos mostrados en la tabla 6 enseñan los distintos niveles de gases emanados al ambiente por el automotor en donde el monóxido de carbono (CO) presenta un promedio de 0.02 % Vol., de otra manera el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) tiene una variación de 1.975 % Vol., los hidrocarburos (HC) presentes en el escape son de 49 (ppm) y los óxidos de nitrógeno con un valor de 146.3 ppm, todas las medidas fueron tomadas con respecto a la altura seleccionada.

**Tabla 6***Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub> A 3000 msnm - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (% Vol.)</b>	<b>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (ppm)</b>
3000msnm	2000	0.03	2,1	52	175
		0.02	1,9	51	138
		0.02	2	49	128
		0.01	1,9	44	144
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.02 (% Vol.)</b>	<b>1.975(%Vol.)</b>	<b>49(ppm)</b>	<b>146.3 (ppm)</b>

**b. Prueba de emisiones en Cuenca – Parroquia Yanuncay (2500 msnm)**

La temperatura ambiente en la ciudad de cuenca para la respectiva toma fue de 18.5 °C la misma que cuenta con una presión atmosférica de alrededor de los 75kPa p los 750hPa.

En la tabla 7 se observa los datos que influyen en la toma de los mismos dan como resultados el monóxido de carbono (CO) con un promedio de 0.017 % Vol., por consiguiente se toma los datos del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) la cual da como resultado un 2% Vol en cuanto a la altura seleccionada, siguiendo con las tomas se realizó el estudio delos óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y de los hidrocarburos (HC), dando como resultado un promedio de 140.20 ppm y de 52 ppm todos estos datos relacionados con la altura propuesta para el estudio.

**Tabla 7***Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub> A 2500 msnm - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (% Vol.)</b>	<b>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (ppm)</b>
2500 msnm	2000	0,01	1,8	55	141
		0,01	1,9	53	134
		0,03	2,2	51	143
		0,02	2,1	49	143
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.017(%Vol.)</b>	<b>2 (%Vol.)</b>	<b>52(ppm)</b>	<b>140.2 (ppm)</b>

### **c. Prueba de emisiones en Girón – Leocapac (2000 msnm)**

En este entorno la toma se encuentra ubicada en Girón sector Leocapac la cual presenta una temperatura alrededor de los 21.1°C y a una presión atmosférica de 79 kPa o 790hPa. En la tabla 8 se puede observar las distintas variaciones que se presentan en el estudio en la cual se parte por conocer el promedio del monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) los cuales tienen como resultado un 0.015 %Vol., 2.15 %Vol., 54.3 ppm y 142 ppm, siendo estas el resultado en cuanto a valores finales a la altura de los 2000 msnm, lo cual permite observar las distintas variaciones de las mismas.

**Tabla 8***Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub> A 2000 msnm - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (% Vol.)</b>	<b>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (ppm)</b>
2000 msnm	2000	0,01	1,9	55	155
		0,01	2,4	55	146
		0,02	2,2	54	129
		0,02	2,1	54	136
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.015(%Vol.)</b>	<b>2.15 (%Vol.)</b>	<b>54.37(ppm)</b>	<b>142 (ppm)</b>

**d. Prueba de emisiones en Santa Isabel- Lentag (1500 msnm)**

La toma de los 1500 msnm se realizó en de Santa Isabel en la localidad de Lentag en la cual registro una temperatura ambiente de 24 °C, la misma que presenta una presión atmosférica de 82.60 kPa o 826 hPa.

En la tabla 9 se puede observar los distintos datos obtenidos con respecto a las revoluciones del motor dando, así como resultado un valor en monóxido de carbono (CO) de 0.017 % Vol., seguido del valor de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con un promedio de 2.25% Vol, por otra parte, en cuanto a hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógenos (NO<sub>x</sub>) dieron como resultado 57.25 ppm y 123.5 ppm según la altura seleccionada.

**Tabla 9***Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub> A 1500 msnm - Fuente: (Autores, 2021)*

<i>ALTURA</i>	<i>RPM</i>	<i>CO (% Vol.)</i>	<i>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</i>	<i>HC (ppm)</i>	<i>NO<sub>x</sub> (ppm)</i>
<i>1500 msnm</i>	2000	0,01	2,5	54	119
		0,02	2,1	57	129
		0,03	2,2	60	126
		0,01	2,2	58	120
<b><i>PROMEDIO</i></b>		<b>0.017(%Vol.)</b>	<b>2.25 (%Vol.)</b>	<b>57.25(ppm)</b>	<b>123.5 (ppm)</b>

**e. Prueba de emisiones en Santa Isabel –Andatalia (1000 msnm)**

La siguiente prueba se realizó a una altura de 1000 msnm en Santa Isabel en la localidad de Andatalia, en donde registra una temperatura ambiente de 25 °C, la cual por estar localizada en dicha altura presenta una presión atmosférica de 89 kPa o 890 hPa. Donde en la tabla 10 se puede observar los datos correspondientes al análisis realizado dando como resultado los promedios de 0.012 %, 2.45 %Vol., 58.50 ppm y 121.5 ppm que son correspondientes a el monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NOX).

**Tabla 10**

*Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub> A 1000 msnm - Fuente: (Autores, 2021)*

<i>ALTURA</i>	<i>RPM</i>	<i>CO (% Vol.)</i>	<i>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</i>	<i>HC (ppm)</i>	<i>NO<sub>x</sub> (ppm)</i>
<i>1000 msnm</i>	2000	0,01	2,4	53	137
		0,02	2,6	59	118
		0,01	2,2	60	128
		0,01	2,6	62	103

<b>PROMEDIO</b>	<b>0.012(%Vol.)</b>	<b>2.45 (%Vol.)</b>	<b>58.50(ppm)</b>	<b>121.5 (ppm)</b>
-----------------	---------------------	---------------------	-------------------	--------------------

#### f. Prueba de emisiones en Pucara-Sarayunga (500msnm)

Este punto de estudio se realizó en el cantón Pucara específicamente en la localidad de Sarayunga la cual presenta una altura de 500 msnm con una temperatura ambiente de 30.4 °C y con una presión atmosférica de 94 kPa o 940 hPa, En la tabla 11 se puede observar el estudio respectivo de los diferentes gases tales como son el monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Hidrocarburos (HC) y Óxidos de nitrógeno (NOX), teniendo como resultado los siguientes promedios 0 % Vol., 2.57 % Vol., 70.5ppm y 127.5ppm, los mismos que varían con respecto a la altura seleccionada en este caso para los 500 msnm.

**Tabla 11**

*Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub> A 500 msnm - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (% Vol.)</b>	<b>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (ppm)</b>
500 msnm	2000	0,00	2,5	72	121
		0,00	2,6	61	116
		0,00	2,7	73	143
		0,00	2,5	76	130
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.00(%Vol.)</b>	<b>2.57 (%Vol.)</b>	<b>70.50(ppm)</b>	<b>127.5 (ppm)</b>

#### 3.10 Prueba de emisiones en Santa Rosa-Puerto Jeli (0 msnm)

Al momento de realizar la toma en el punto más bajo en este caso al nivel del mar se obtiene una temperatura de 28.3 °C y una presión atmosférica de 101 kPa o 1010 hPa. En la tabla 12 se observa la variación correspondiente en cuanto a los diferentes gases los cuales son

emitidos por el automotor Hino City 300 tales como Monóxido de carbono (CO) con un valor de 0 % Vol., Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con un promedio alrededor de 2.75 % Vol., también se realizó un análisis de los hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los cuales dieron como resultado un valor de 80.5 y 111.9 ppm.

**Tabla 12**

*Datos de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC Y NO<sub>x</sub> A 0 msnm - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (% Vol.)</b>	<b>CO<sub>2</sub>(%Vol.)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (ppm)</b>
<i>0 msnm</i>	2000	0,00	2,4	71	103
		0,00	3	73	111
		0,00	2,9	86	113
		0,00	2,7	92	117
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.00(%Vol.)</b>	<b>2.75 (%Vol.)</b>	<b>80.5 (ppm)</b>	<b>111.9 (ppm)</b>

### 3.11 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en las diferentes mediciones se utilizó el software estadístico Minitab el cual mediante el procedimiento de análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) el mismo que permite identificar si existe una variación de las emisiones contaminantes a diferentes alturas.

A continuación, se detallará cada uno de los resultados obtenidos basándose en el método de estudio y la información del factor las cuales son las siguientes:

#### 3.11.1 Método

**Tabla 13**

*tipos de hipótesis - Fuente: (Autores, 2021)*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

El análisis estadístico propuesto hace referencia a dos hipótesis, como primer caso tenemos la hipótesis nula la cual muestra que todas las medias son iguales, el otro caso es la hipótesis alternativa, en donde se puede llegar a dar ya que todas las medias no son iguales, por otro lado se presenta el nivel de significancia el mismo que el valor máximo es de 0.05 en donde la regla de decisión muestra que si el (Valor p) perteneciente al análisis de varianza es menor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula y al no rechazarla quiere decir que las dos hipótesis son iguales.

### **3.12 Información del factor**

Dentro de la información del factor podemos observar el número de niveles, en este caso está conformado por 10, los cuales hacen referencia a las diferentes alturas durante la toma respectiva de datos.

Para el estudio de los datos obtenidos a diferentes alturas, se analiza mediante el procedimiento de ANOVA unidireccional, este método permite analizar o comparar dos grupos diferentes de medidas, las mismas que no contienen relación mediante dos hipótesis diferentes. La primera se la conoce como nula la cual establece que todos los datos son iguales y la otra hipótesis que al menos una es distinta. Atraves de este procedimiento se puede observar el valor de significancia la misma que no debe superar al  $\alpha = 0,05$ , porque

desecha las dos hipótesis.

Dentro de la información del factor podemos observar la siguiente tabla el número de niveles que existen en este caso son 10 haciendo referencia a las diferentes alturas en las cuales se ha realizado las tomas respectivas para el análisis adecuado de las mismas.

**Tabla 14**

*Factor y niveles - Fuente: (Autores, 2021)*

Factor	Niveles	Valores
Altitud	10	0; 500; 1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4200

Para el estudio mediante el procedimiento de ANOVA, se analiza las siguientes emisiones contaminantes:

- MONÓXIDO DE CARBONO(CO)
- HIDROCARBURO (HC)
- DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)
- ÓXIDOS DE NITRÓGENOS (NO<sub>x</sub>)

### **3.12.1 Monóxido de carbono (CO)**

El Monóxido De Carbono (Co) se analizó atreves de las dos hipótesis planteadas mediante el procedimiento de análisis de varianza, la misma que en la siguiente tabla se puede observar:

**Tabla 15***Valor p del Monóxido De Carbono (Co) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
		<b>Ajust.</b>	<b>Ajust.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Altitud	9	0,007872	0,000875	18.42	0,000
Error	90	0,001425	0,000047		
Total	99	0,009297			

El valor de probabilidad que se encuentra dentro de la tabla 15, en donde se observa que el (Valor p) es menor a 0.05 la misma que confirma que si existe una diferencia significativa.

El resumen del modelo se observa en la tabla 16, la cual se analiza cómo se ajusta el modelo planteado, en este caso da como resultado un valor de 84.67 %, se puede decir que el modelo se ajusta correctamente, por lo que el valor de predicción va a ser elevado

**Tabla 16***Resumen de modelo del Monóxido De Carbono (Co) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>S</b>	<b>R-sq.</b>	<b>R-sq. (ajustado)</b>	<b>R-sq. (predicción)</b>
0,0068920	84.67%	80.08%	72.75%

El análisis de la media y el porcentaje de confianza que se genera a través del procedimiento de ANOVA se observa en la tabla 17 la misma que contiene una desviación estándar agrupada de 0,00689202.

**Tabla 17***Desviación Estándar del Monóxido De Carbono (Co) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
0	4	0.000000	0.000000	(-0.007038; 0.007038)
500	4	0.000000	0.000000	(-0.007038; 0.007038)
1000	4	0.01250	0.00500	(0.00546; 0.01954)
1500	4	0.01750	0.00957	(0.01046; 0.02454)
2000	4	0.01500	0.00577	(0.00796; 0.02204)
2500	4	0.01750	0.00957	(0.01046; 0.02454)
3000	4	0.02000	0.00816	(0.01296; 0.02704)
3500	4	0.03500	0.00577	(0.02796; 0.04204)
4000	4	0.03500	0.00577	(0.02796; 0.04204)
4200	4	0.04500	0.01000	(0.03796; 0.05204)

Dentro de las medias se encuentra información descriptiva dado que maneja la media de desviación estándar, pero de otra manera también se observan los intervalos de un 95% lo que es el nivel de confianza para la media respectiva donde se ha da conocer los diferentes intervalos de confianza para la misma.

Mediante el procedimiento de TUKEY, las alturas se compararán unas con otras con una confianza de 95% en todas las alturas planteadas las mismas que se agrupan por su porcentaje de variación, en este caso del monóxido de carbono las alturas que existen variación son las siguientes:4200,3500,500 y 0, estas son diferentes porque el valor de la media es diferente a los otros, lo cual se observa en la tabla 18.

**Tabla 18***Método Tukey del Monóxido De Carbono (Co) - Fuente: (Autores, 2021).*

ALTURA	N	Media	Agrupación
4200	4	0.04500	A
4000	4	0.03500	A B
3500	4	0.03500	A B
3000	4	0.02000	B C
2500	4	0.01750	C
1500	4	0.01750	C
2000	4	0.01500	C D
1000	4	0.01250	C D
500	4	0.000000	D
0	4	0.000000	D

Para el análisis de la figura 26, se observa que el intervalo de 500 – 0 ,2500 -1500 y 4000 -3500 se encuentra cerca del valor 0 los mismos que no contienen una variación significativa en las emisiones contaminantes; posterior a eso se analizo el resto de intervalos los mismos que poseen una variación significativa para el análisis de este gas.

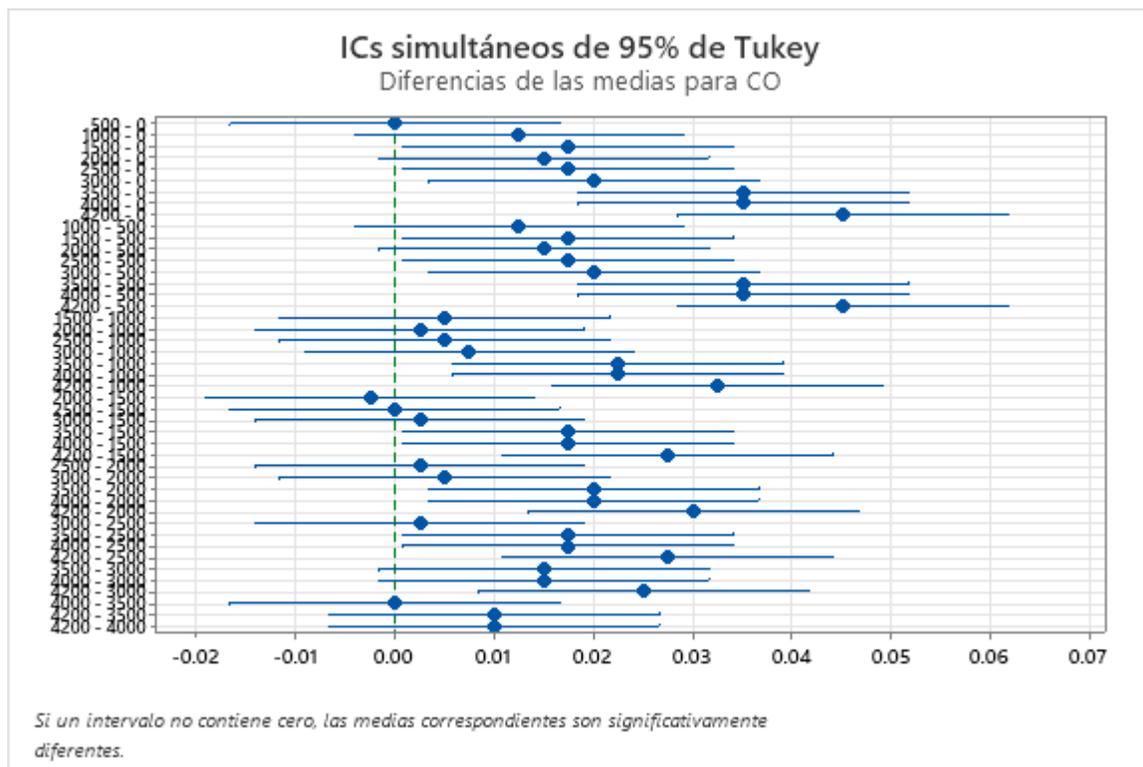


Figura 26. Método Tukey del Monóxido De Carbono (Co) - Fuente: (Autores, 2021)

En la Figura 27, se observa claramente la gráfica de la desviación estándar agrupada y la de dispersión. La misma en donde se compara todos los valores donde resalta la media de cada una de las tomas realizadas a diferentes alturas. En este caso se observa el análisis de las medias con respecto a la altitud del monóxido de carbono la misma que muestra el aumento de emisiones contaminantes a media que incrementa la altitud. Las emisiones del monóxido suelen incrementarse debido a efecto que causa el oxígeno con respecto a la mezcla estequiométrica.

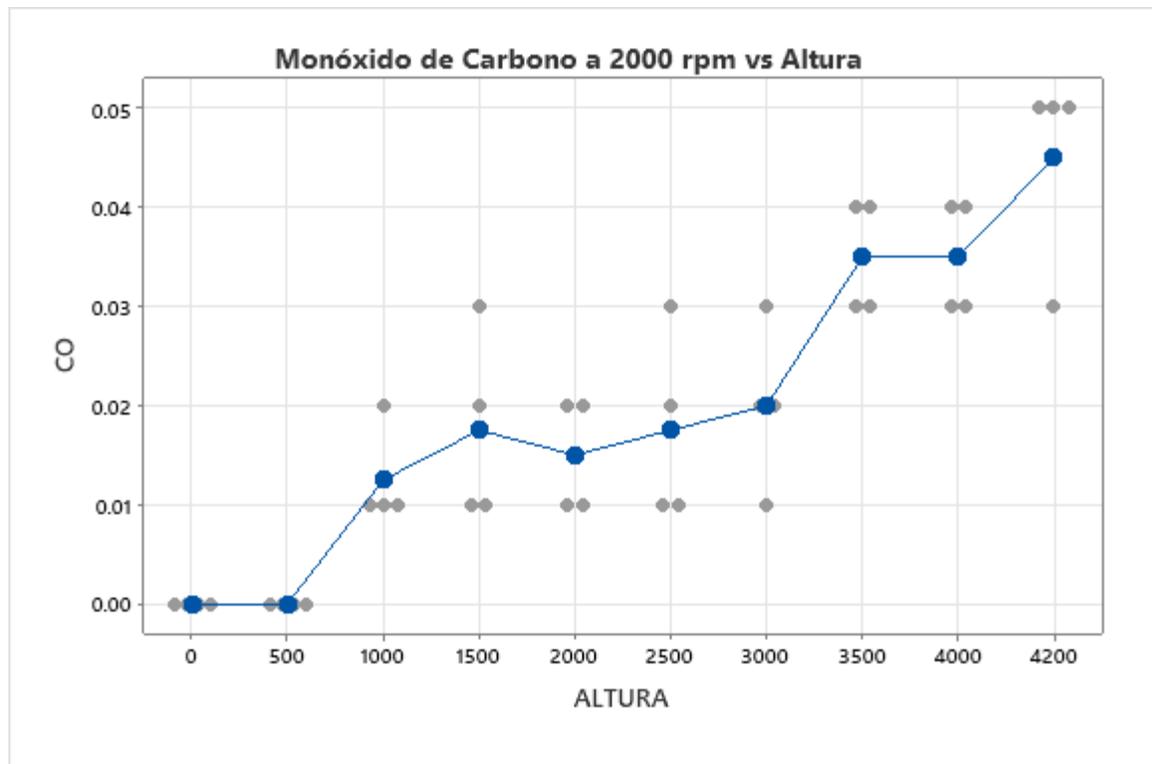


Figura 27. comparación de (Co), con respecto a la altura - Fuente: (Autores, 2021)

Se establece que en la figura 27, el monóxido de carbono a bajas alturas se encuentra en un rango mínimo aproximado del 0%, debido a la presencia alta de oxígeno dentro de la cámara de combustión provocando la deflagración del combustible, el pico provocado en la

altura de 1500 msnm es por la razón del incremento brusco del tiempo de inyección esto es originado por al aumento de combustible dentro de la cámara, posterior a esto se observa un aumento de emisiones contaminantes hasta la altura de 3500msnm y 4000msnm, la misma que muestra una línea constante, esta es producto de la presión que existe en el colector de admisión dado que son similares , por lo cual va a generar que las emisiones arrojadas al ambiente en dichas alturas sean significativamente semejantes y finalmente el pico mas elevado es de 0.045% que se encuentra ubicado a una altura de 4200 msnm. Estos resultados son consistentes con los resultados de estudios similares. (Mantilla González, Roncancio G, & Acevedo G., 2010)

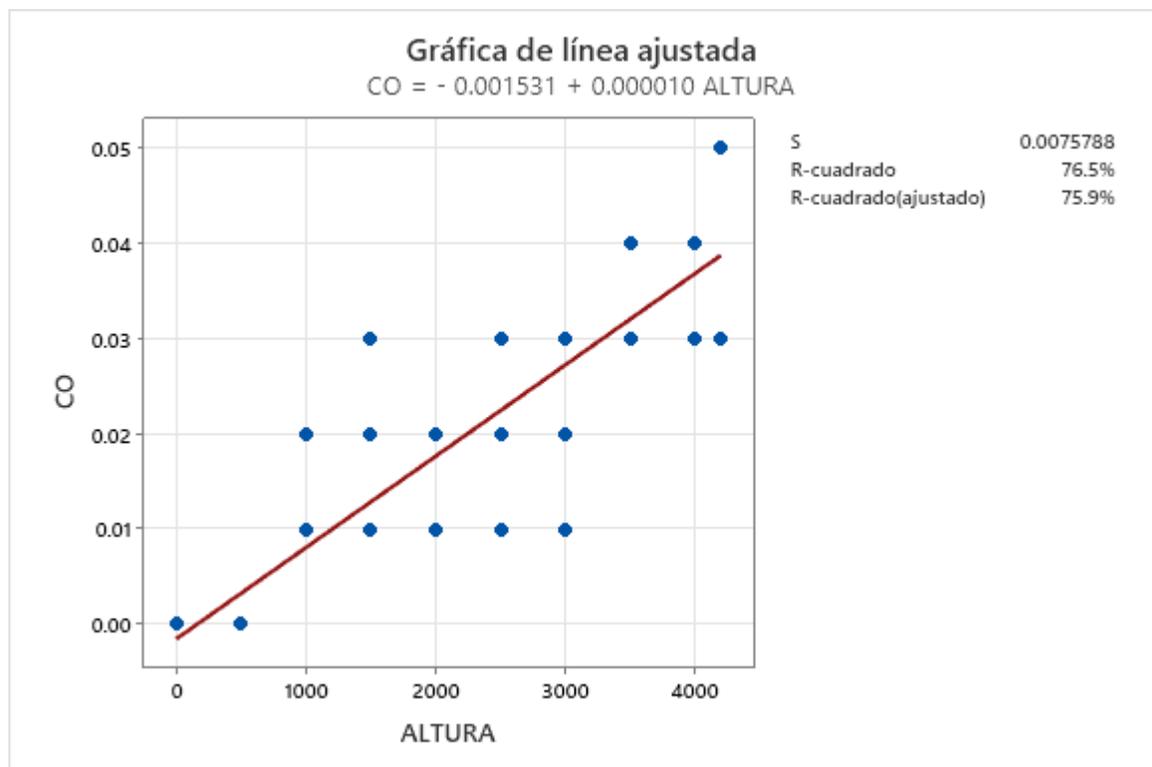


Figura 28. Análisis de regresión lineal del monóxido de carbono con respecto a la altura - Fuente: (Autores, 2021)

La figura 28, muestra la fórmula de la regresión lineal en las emisiones contaminantes del monóxido de carbono, la misma que contiene un coeficiente de determinación del 76.5%

### 3.12.2 Hidrocarburos (HC)

Los Hidrocarburos (HC) se analizó mediante el procedimiento de análisis de varianza unidireccional (ANOVA) la misma que se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 19**

*Análisis de Varianza de los Hidrocarburos (HC) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
		<b>Ajust.</b>	<b>Ajust.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ALTURA	9	5559.3	617.70	31.08	0.000
Error	30	596.2	19.87		
Total	39	6155.5			

Dentro de la tabla 19. Análisis de Varianza, se observar que el valor p es menor a 0.05 en donde nos dice que, si existe una diferencia significativa en cuanto a la emanación de gases contaminantes, en cuanto el grado de influencia es notorio con respecto al nivel de emanación de los hidrocarburos del vehículo en las diferentes alturas antes mencionadas.

El resumen del modelo se analiza en la tabla 20, esta se ajusta al modelo planteado, con una raíz cuadrada  $R^2$ , raíz cuadrada ajustada y una raíz cuadra de predicción.

**Tabla 20**

*Resumen de Modelo de los Hidrocarburos (HC) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>S</b>	<b>R-</b>	<b>R-</b>	<b>R-cuadrado</b>
	<b>cuadrado</b>	<b>cuadrado(ajustado)</b>	<b>(pred)</b>
4.45790	90.31%	87.41%	82.78%

En este caso los hidrocarburos con respecto a las diferentes alturas se observan que la raíz cuadrada es de 90.31% con un porcentaje de predicción de 82.78%, por lo que el valor predicción de las emisiones contaminantes de los hidrocarburos es más efectiva que el anterior caso.

Mediante el análisis de la media y el porcentaje de confianza, que se visualiza en la tabla 21, contiene cada uno de los valores de las alturas planteadas, las mismas que contiene una desviación estándar agrupada de 4.45790 con un intervalo de confianza de 95%.

**Tabla 21**

*Media y Porcentaje de Confianza de los Hidrocarburos (HC) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
0	4	80.50	10.15	(75.95; 85.05)
500	4	70.50	6.56	(65.95; 75.05)
1000	4	58.50	3.87	(53.95; 63.05)
1500	4	57.25	2.50	(52.70; 61.80)
2000	4	54.375	0.479	(49.823; 58.927)
2500	4	52.00	2.58	(47.45; 56.55)
3000	4	49.00	3.56	(44.45; 53.55)
3500	4	45.75	2.63	(41.20; 50.30)
4000	4	42.000	1.414	(37.448; 46.552)
4200	4	41.500	1.732	(36.948; 46.052)

El análisis del Hidrocarburo se estudió mediante el procedimiento de Tukey, lo cual se compararon las alturas planteadas respecto al porcentaje de variación, en este caso esta se observa en la tabla 22, la misma que contienen cuatro agrupaciones por consiguiente existe variaciones en todas las alturas especificadas en el estudio.

**Tabla 22**

<b>ALTURA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
0	4	80.50	A
500	4	70.50	A
1000	4	58.50	B
1500	4	57.25	B
2000	4	54.375	B C
2500	4	52.00	B C D
3000	4	49.00	B C D
3500	4	45.75	C D
4000	4	42.000	D
4200	4	41.500	D

*Análisis de la Media a través de Tukey de los Hidrocarburos (HC) - Fuente: (Autores, 2021)*

Al realizar una comparación en parejas de Tukey se observa las agrupaciones a las cuales son designadas cada una de ellas en este todas existen una variación lo cual se comprende de mejor manera en la Figura 29, se puede observar claramente las comparaciones a diferentes alturas de las distintas tomas realizadas. En donde la gran mayoría de intervalos son significativamente diferentes por lo que se puede que si existe una variación de emisiones contaminantes con respecto a la altura

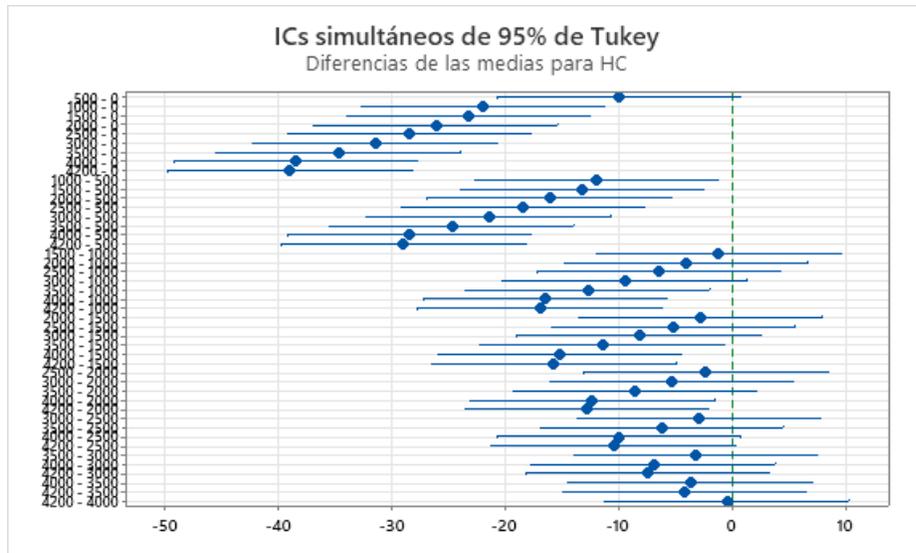


Figura 29. Diferencia de las medias para HC. - Fuente: (Autores, 2021)

En este caso la Figura 30, se observa claramente que si existe variación de cantidad de emisiones contaminantes la misma que descende dependiendo de la altura que se encuentra ubicado este automotor.

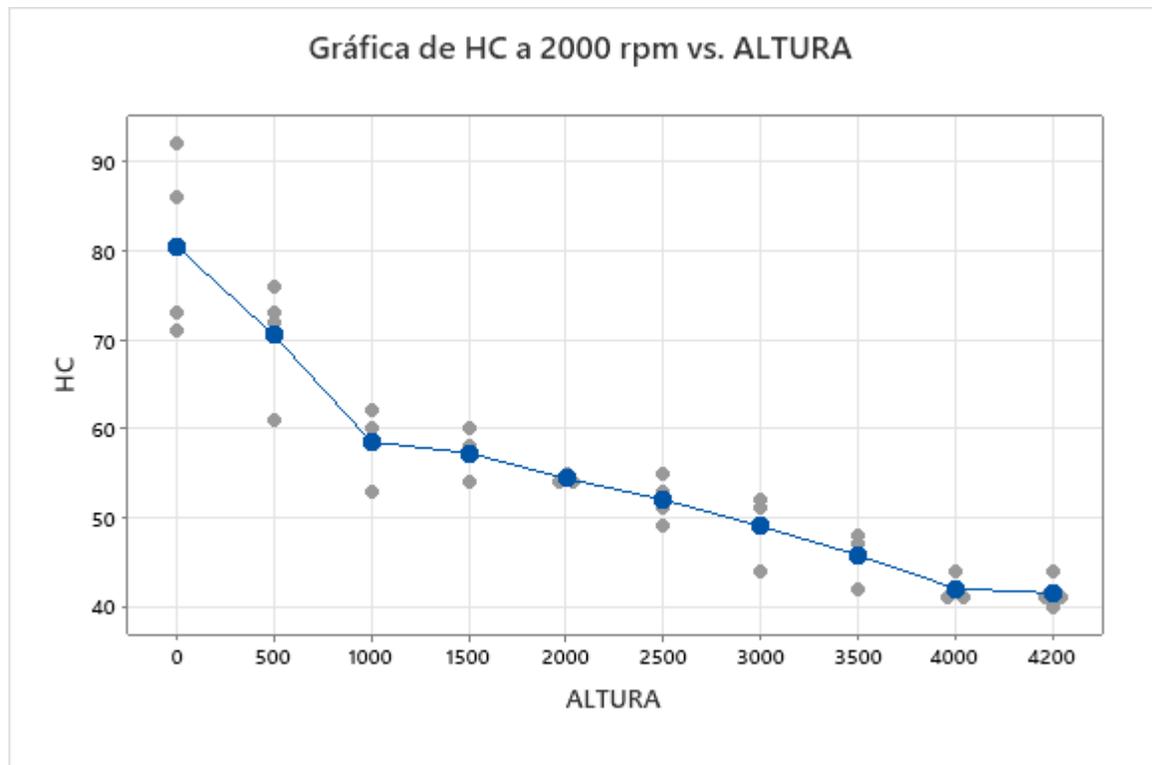


Figura 30. Intervalos de HC vs Altitud - Fuente: (Autores, 2021)

Los datos recolectados de los Hidrocarburos en la figura 30, se observa que, a las alturas de 0 y 500 msnm, existe una mayor cantidad de emisiones contaminantes con un máximo de 80.5 ppm a una velocidad del motor de 2000 rpm, esto es producido por la elevada presión atmosféricas a dichas alturas, provocando que la combustión dentro del cilindro se ve afectada. En cuanto al resto de alturas se observa un comportamiento descendente no excesiva de gases originados por la combustión de diésel hasta llegar a un valor mínimo de 41.5 ppm. (CASTRO, 2018)

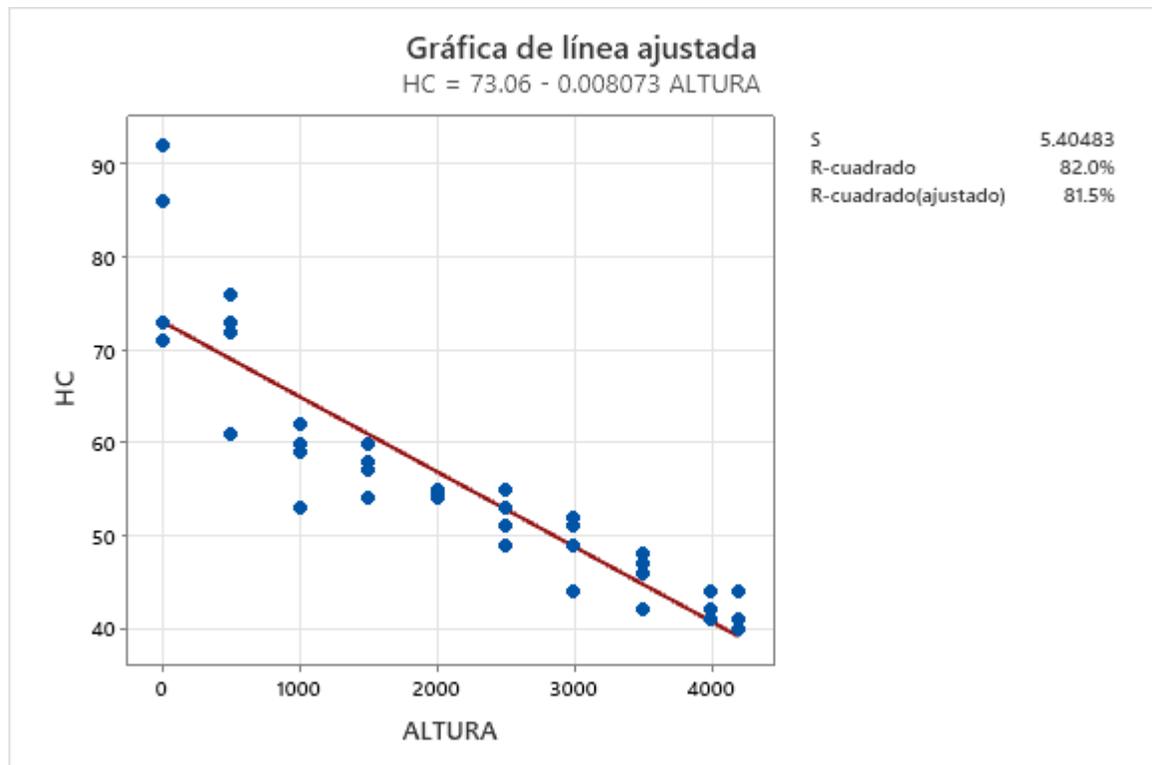


Figura 31. Análisis de regresión lineal de los hidrocarburos con respecto a la altura - Fuente: (Autores, 2021)

La figura 31, muestra la fórmula de la regresión lineal en las emisiones contaminantes de los hidrocarburos, la misma que contiene un coeficiente de determinación del 82.0%

### 3.12.3 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Al desarrollar el análisis de varianza del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se observó que el valor de p es menor a 0.05 dado que muestra como respuesta un valor de 0.00, lo cual muestra una diferencia significativa en cuanto al tiempo promedio y de cierta manera se observa el grado de influencia con respecto al nivel de emanación de CO<sub>2</sub> por parte del vehículo a distintas alturas.

**Tabla 23***Valor p del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
		<b>Ajust.</b>	<b>Ajust.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ALTURA	9	4.2590	0.47322	19.18	0.000
Error	30	0.7400	0.02467		
Total	39	4.9990			

En el resumen del modelo del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con respecto a las diferentes alturas se observa en tabla 23, la cual se detalla porcentaje de variación en cuanto a la respuesta presentando un margen de variación de (0-100%), en este caso el R<sup>2</sup> es de 73.68%, por lo que es muy probable los resultados obtenidos generen mayor confiabilidad.

**Tabla 24***Resumen Modelo del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>S</b>	<b>R-cuadrado</b>	<b>R-cuadrado(ajustado)</b>	<b>R-cuadrado (pred)</b>
0.157056	85.20%	80.76%	73.68%

Mediante el análisis de la media y desviación estándar, que se visualiza en la tabla 24, se logra obtener el porcentaje de intervalo de confianza en cada altura planteada, las mismas que contienen una desviación estándar agrupada de 0.157056 con respecto a todas las alturas que se encuentran a nivel sobre nivel del mar.

**Tabla 25***Media y desviación Estándar del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
0	4	2.750	0.265	(2.590; 2.910)
500	4	2.5750	0.0957	(2.4146; 2.7354)
1000	4	2.4500	0.1915	(2.2896; 2.6104)
1500	4	2.2500	0.1732	(2.0896; 2.4104)
2000	4	2.150	0.208	(1.990; 2.310)
2500	4	2.0000	0.1826	(1.8396; 2.1604)
3000	4	1.9750	0.0957	(1.8146; 2.1354)
3500	4	1.8250	0.0957	(1.6646; 1.9854)
4000	4	1.8250	0.0500	(1.6646; 1.9854)
4200	4	1.7500	0.0577	(1.5896; 1.9104)

El método Tukey hace la comparación las alturas planteadas respecto al porcentaje de variación por lo que en este caso las alturas que existen una variación significativa son en todas ya que ninguna altura se encuentra en todos los grupos planteados como se observa Tabla 26.

**Tabla 26***Método Tukey del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
0	4	2.750	A
500	4	2.5750	A B
1000	4	2.4500	A B C
1500	4	2.2500	B C D
2000	4	2.150	C D E
2500	4	2.0000	D E F
3000	4	1.9750	D E F
4000	4	1.8250	E F
3500	4	1.8250	E F
4200	4	1.7500	F

Al realizar una comparación en parejas de Tukey se observa las agrupaciones a las cuales son designadas cada una de ellas en este todas existen una variación lo cual se comprende de mejor manera en la Figura 32, se puede observar claramente que los intervalos 4000-3500 pasan por el valor de 0 por lo que no existe una diferencia significativa.

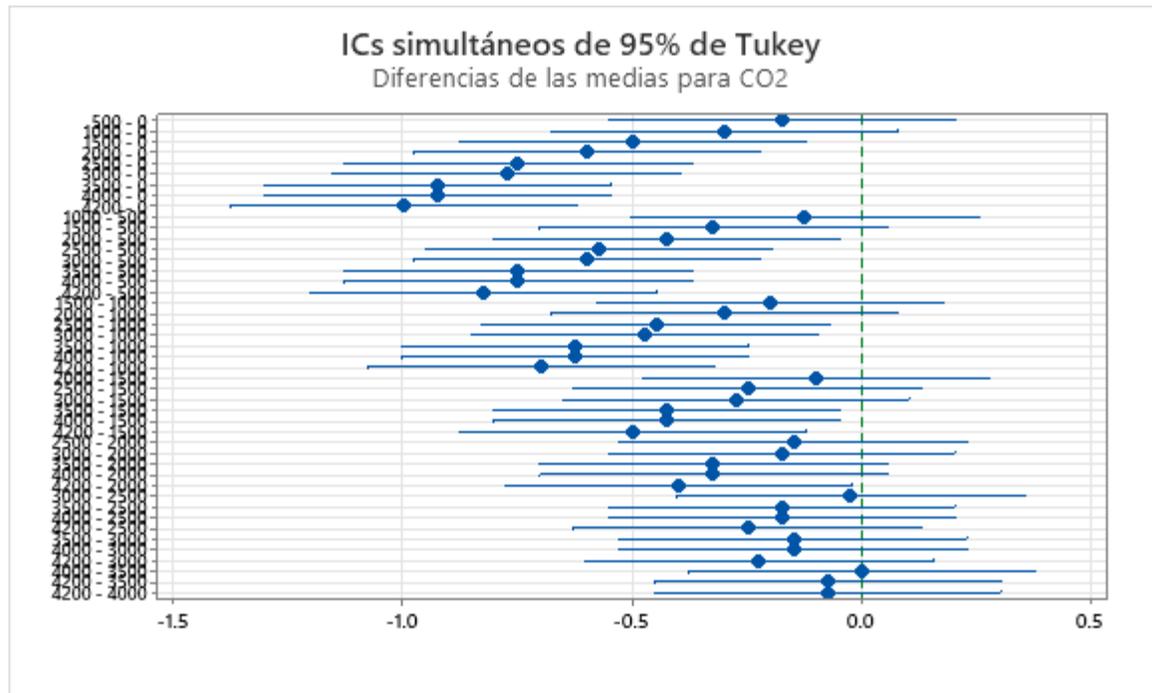


Figura 32. Diferencias de las medidas para CO2 - Fuente: (Autores, 2021)

En la figura 33, se observa claramente que si existe variación de cantidad de emisiones contaminantes la misma que desciende dependiendo de la altura que se encuentra ubicado este automotor, al estar el vehículo estacionario el turbo no funciona eficientemente por lo que al encontrarse a bajas alturas el automotor emite mayor cantidad de CO<sub>2</sub>.

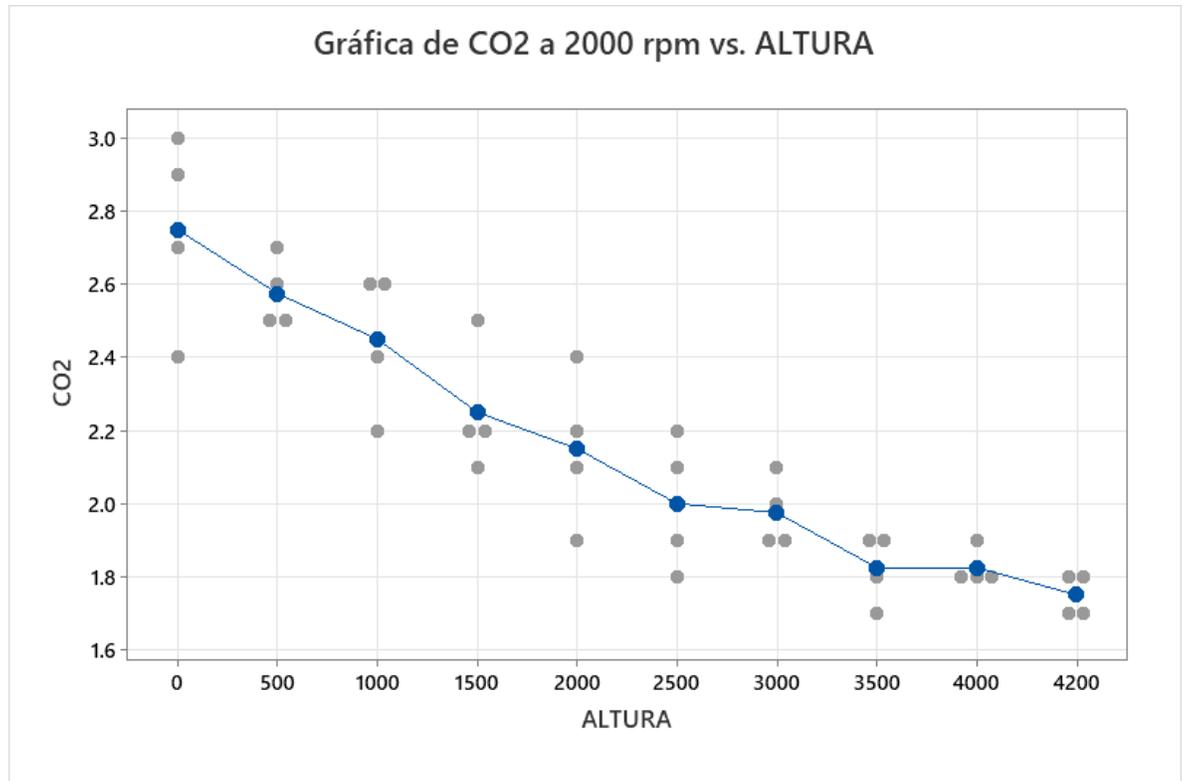


Figura 33. Gráfica de intervalos de CO<sub>2</sub> vs Altitud - Fuente: (Autores, 2021)

Basado al análisis de los datos recolectados del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) se identificó que existe una disminución de emisiones contaminantes al aumentar altura producto de ello generara un mayor nivel de emanación de CO<sub>2</sub>, a 0 msnm formando un grado de contaminación de 2.75% la misma que generada por una mayor eficiencia volumétrica. Posterior a esto las emisiones contaminantes desciende hasta llegar al rango de 3500 y 4000 msnm, los mismo que las emisiones son significativamente semejantes en este caso la presión del colector presenta valores similares, en la altura de 4200 msnm en donde se obtiene un grado de contaminación de 1.75% , esto es generado por la quema incompleta del combustible dentro de la cámara de combustión, a diferencia de a nivel mar en donde se presenta una mayor cantidad de oxígeno provocando de esta manera una mayor eficiencia del motor en donde el proceso de combustión va ser el adecuado, producto de ello generara un mayor nivel de emanación de CO<sub>2</sub> formando un grado de contaminación de 2.75% la cual

una mayor eficiencia volumétrica. (Mantilla González, Roncancio G, & Acevedo G., 2010)

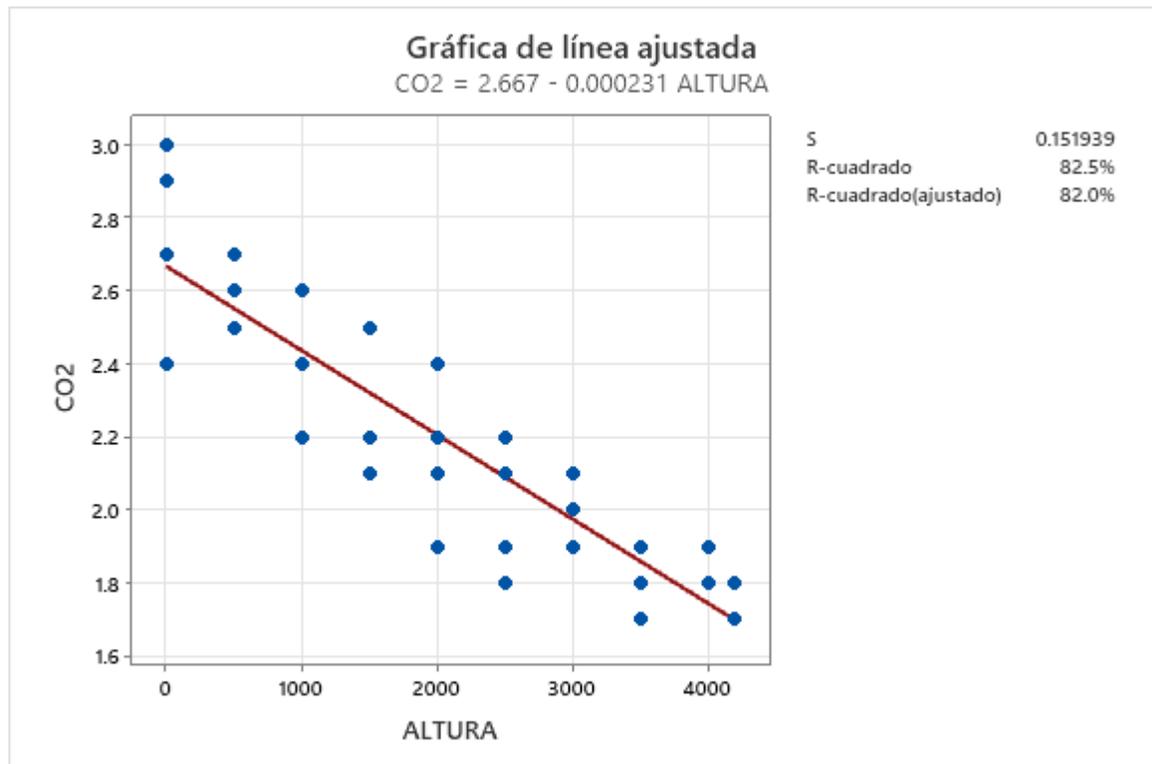


Figura 34. Análisis de regresión lineal del Dióxido de carbono con respecto a la a altura - Fuente: (Autores, 2021)

La figura 34, muestra la fórmula de la regresión lineal en las emisiones contaminantes del Dióxido de carbono, la misma que contiene un coeficiente de determinación del 82.50%

### 3.12.4 Óxidos de nitrógeno (NOx)

Al desarrollar el análisis de varianza del Óxido de nitrógeno (NOx) se observar que el valor de p es menor a 0.05 dado que muestra como respuesta un valor de 0.00, por lo cual demuestra que si existe grado de influencia con respecto al nivel de emanación del Óxidos de nitrógeno (NOx) de acuerdo a la ubicación del automotor.

**Tabla 27***Valor de p del Óxido de nitrógeno (NOx) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
		<b>Ajust.</b>	<b>Ajust.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ALTURA	9	20417	2268.5	16.65	0.000
Error	30	4087	136.2		
Total	39	24504			

En la siguiente tabla se observa el resumen del modelo del Óxidos de nitrógeno (Nox) con respecto a las diferentes alturas, la cual contiene la R-cuadrada de 70.35%, R-ajustada de 78.32%.

**Tabla 28***Resumen de modelo del Óxido de nitrógeno (NOx) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>S</b>	<b>R- cuadrado</b>	<b>R- cuadrado(ajustado)</b>	<b>R- cuadrado (pred)</b>
11.6723	83.32%	78.32%	70.35%

Mediante el análisis de la media y desviación estándar, que se visualiza en la tabla 28, se logra obtener el porcentaje de intervalo de confianza en cada altura planteada, las mismas que contiene una desviación estándar agrupada es de 11.6723 con respecto a todas las alturas que se encuentran a nivel sobre nivel del mar.

**Tabla 28**

)

*Medias Agrupadas del Óxido de nitrógeno (NOx) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
0	4	111.00	5.89	(99.08; 122.92)
500	4	127.50	11.85	(115.58; 139.42)
1000	4	121.50	14.57	(109.58; 133.42)
1500	4	123.50	4.80	(111.58; 135.42)
2000	4	142.00	11.39	(130.08; 153.92)
2500	4	140.25	4.27	(128.33; 152.17)
3000	4	146.3	20.3	(134.3; 158.2)
3500	4	163.25	8.10	(151.33; 175.17)
4000	4	169.00	11.17	(157.08; 180.92)
4200	4	186.50	14.25	(174.58; 198.42)

El Óxidos de nitrógeno (Nox) mediante estudio del procedimiento de Tukey, lo cual se compararon las alturas planteadas respecto al porcentaje de variación, en este caso esta se observa en la tabla 29, la misma que contienen cinco agrupaciones lo mismos que nos quiere decir que si existe variación de emisiones contaminantes en todas las alturas planteadas

**Tabla 29***Método Tukey del Óxido de nitrógeno (NOx) - Fuente: (Autores, 2021)*

<b>ALTURA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
4200	4	186.50	A
4000	4	169.00	B
3500	4	163.25	B
3000	4	146.3	C
2000	4	142.00	C D
2500	4	140.25	C D E

500	4	127.50	D	E	F
1500	4	123.50		E	F
1000	4	121.50			F
0	4	111.00			F

Dentro de la Figura 35 se pueden observar la comparativa entre el Óxidos de nitrógeno (NOx) con los intervalos de confianza, donde ningún intervalo de la diferencia de las medias pasa por el valor cero, esto no quiere decir que todos los valores son significativamente diferentes a las diversas alturas planteadas.

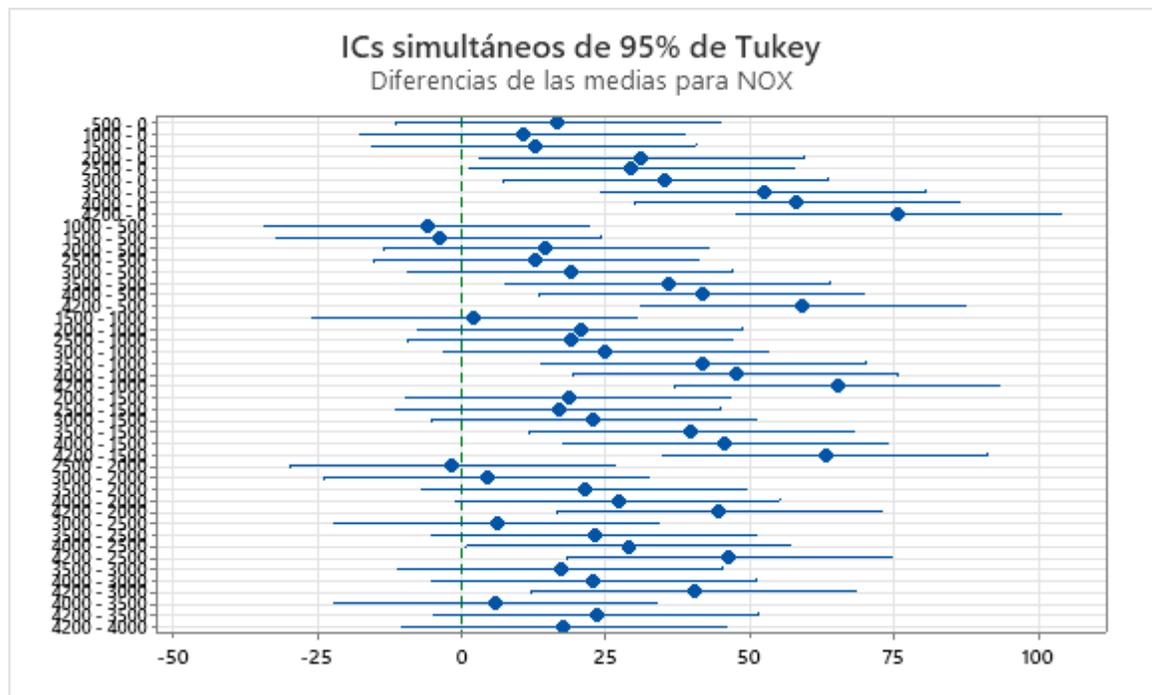


Figura 35. Diferencias de las medias para NOx - Fuente: (Autores, 2021)

En la Figura 36, se observa la gráfica de la desviación estándar agrupada y la de dispersión. La misma en donde se compara todos los valores donde resalta la media de cada

una de las tomas realizadas a diferentes alturas.

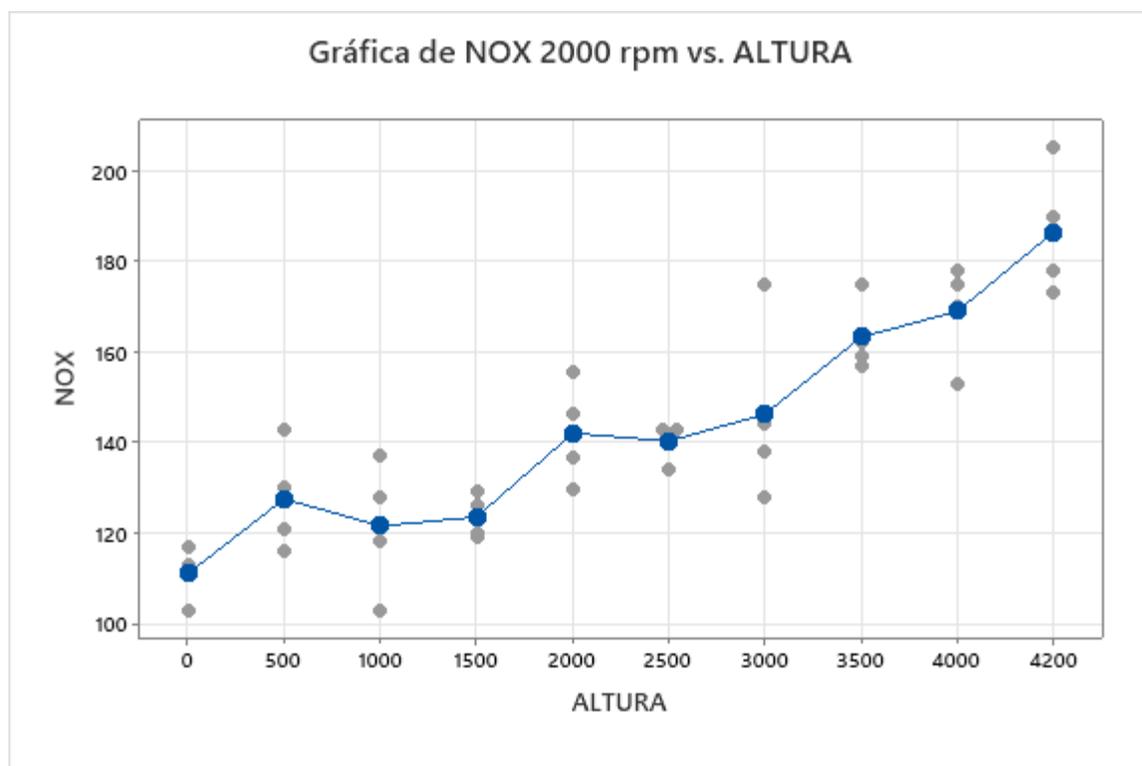


Figura 36. Intervalo de NOx vs Altitud - Fuente: (Autores, 2021)

En esta figura se muestra que existe un aumento de emisiones contaminantes de Óxidos de Nitrógenos a medida que incrementa la altura de funcionamiento del motor. Esta emisión suele incrementarse debido a la mala combustión del diésel dado a las altas temperaturas que existen en el mismo con un valor medio máximo de 186.5 ppm a una altura de 4200 msnm. Esto se debe a la temperatura y a la masa del oxígeno, por lo que al no estar en movimiento el automotor el turbo no genera la presión del aire requerida para el correcto funcionamiento del motor, lo cual causa que a menor altura se origine un menor grado de contaminación. (Lapuerta, Armas, Agudelo, & Agudelo, 2006)

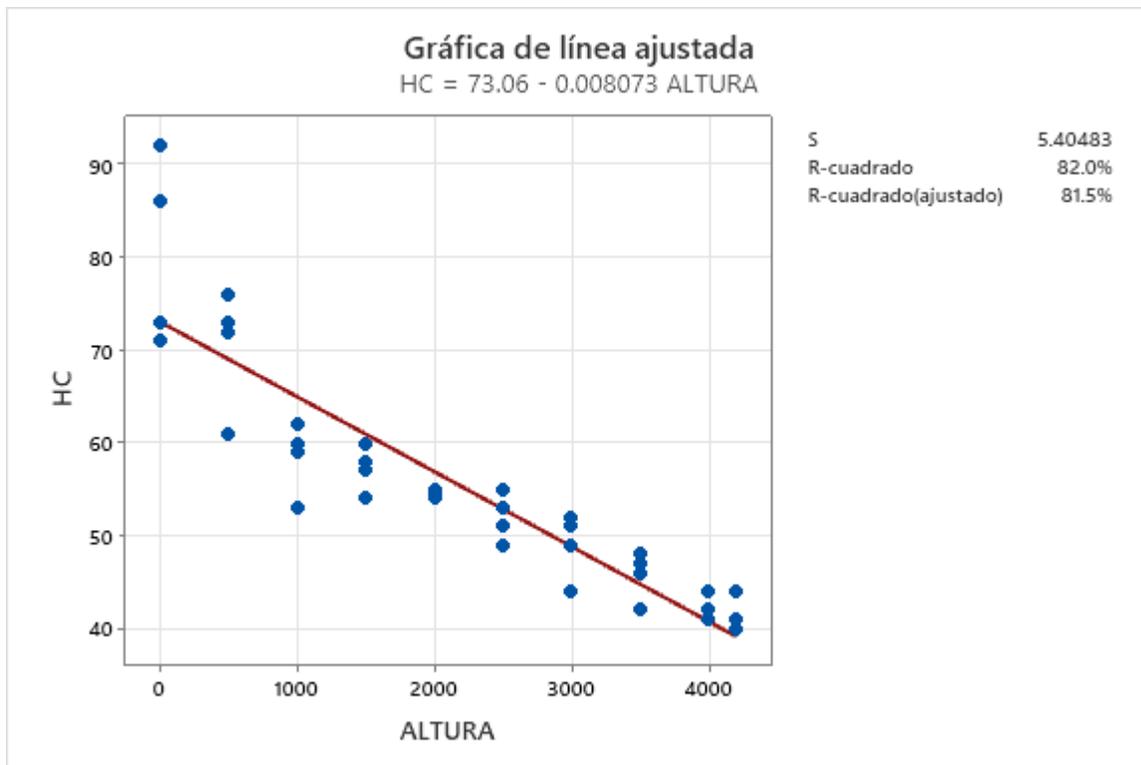


Figura 37. Análisis de regresión lineal de los óxidos de nitrógeno con respecto a la altura - Fuente: (Autores, 2021)

La figura 37, muestra la fórmula de la regresión lineal en las emisiones contaminantes del Dióxido de carbono, la misma que contiene un coeficiente de determinación del 82%

## CONCLUSIONES

La normativa euro III se dio a conocer a comienzos del siglo XX, la cual tiene la función de disminuir las emisiones contaminantes de vehículos a diésel y a gasolina, en la actualidad los vehículos que circulan en el Ecuador cumplen con esta normativa, pero al no tener el combustible diésel ideal no existe un correcto funcionamiento del motor, el mismo que va a tener una variación de los datos obtenidos con relación a la normativa antes mencionada.

Los resultados obtenidos mediante el análisis de las emisiones contaminantes a diferentes alturas permitieron encontrar las condiciones de los gases producidos por el automotor, en cuanto al monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno se obtuvieron valores crecientes, en donde el CO presenta un rango de 0.00% a 0.045% a alturas elevadas y el NOx presenta un valor máximo de 186.5 ppm, mostrando que a mayores alturas el automotor estudiado presenta un mayor nivel de emanación de dichos gases. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y los Hidrocarburos (HC) muestra valores decrecientes generando un grado de contaminación mayor a nivel del mar, en donde el CO<sub>2</sub> presenta un valor de 1.75% y los Hidrocarburos presenta un valor de 80.5 ppm mostrando que el grado de contaminación es mayor en dicha altura.

Finalmente, mediante el análisis de los datos obtenidos el proyecto técnico si presenta una variación de las emisiones contaminantes a diferentes alturas sobre el nivel del mar y a nivel del mar, las cuales se ven afectadas por distintos parámetros como son la presión atmosférica, el tiempo de inyección, la presión del colector de admisión entre otras, las mismas que presentaron ciertas variaciones en el estudio planteado.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda el uso de filtros autorizados por el fabricante del analizador de gases para mejor recolección de datos y se debe tomar en cuenta que estos filtros deben estar completamente limpios sin ninguna obstrucción, por lo que se recomienda previa inspección antes de la medición.

Con el desarrollo de futuras investigación, para automotores con motor a diésel, se recomienda realizar un análisis de emisiones contaminantes a diferentes revoluciones del motor, para que de esta manera se pueda observar más detenidamente el comportamiento del automotor a diferentes alturas.

Con este proyecto de investigación se recomienda realizar más estudios y pruebas en automotores a diésel de diferentes fabricantes, con el fin de generalizar el comportamiento de los gases contaminantes en diferentes regiones a diferentes altitudes sobre el nivel del mar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Focus Technology Co., Ltd. (2021). *Focus Technology Co., Ltd.* Retrieved from [https://es.made-in-china.com/co\\_shenzhenzeus/product\\_Carman-Scan-Lite-Scanner-Original-Internet-Update-All-Languages-\\_esissusog.html](https://es.made-in-china.com/co_shenzhenzeus/product_Carman-Scan-Lite-Scanner-Original-Internet-Update-All-Languages-_esissusog.html)
- Focus Technology Co., Ltd. (2021). *Made-in-China*. Retrieved from [https://es.made-in-china.com/co\\_shenzhenzeus/product\\_Carman-Scan-Lite-Scanner-Original-Internet-Update-All-Languages-\\_esissusog.html](https://es.made-in-china.com/co_shenzhenzeus/product_Carman-Scan-Lite-Scanner-Original-Internet-Update-All-Languages-_esissusog.html)
- Aeswave. (2020). *Automotive Electronics Services*. Retrieved from <https://www.aeswave.com/Hybrid-Vehicle-Multimeter-MMD-540H-F00E900101-p8912.html>
- Arevalo, F., & Ortega, A. (2016, abril). *DOCPLAYER*. Retrieved from <https://docplayer.es/57395135-Universidad-politecnica-salesiana-sede-matriz-cuenca.html>
- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador . (2020, Diciembre 22). *Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador* . Retrieved from Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador : <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2021/01/Sector-en-Cifras-Resumen-2.pdf>
- Autores. (2021). Ecuador.
- Cabrera, E., & Carpio, C. (2019). *Universidad Politecnica Salesiana*. Retrieved from Universidad Politecnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17786/1/UPS-CT008414.pdf>
- CASTRO, C. E. (2018, Septiembre). *repositorio Universidad tecnica del Norte*. Retrieved from

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8609/1/04%20MAUT%20074%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Donaire, D. L. (2018, Agosto 30). *Actualidad motor*. Retrieved from <https://www.actualidadmotor.com/factores-que-afectan-al-rendimiento-del-motor-temperatura-y->

[altura/#:~:text=Factores%20que%20afectan%20al%20rendimiento%20del%20motor%3A%20temperatura%20y%20altura&text=Los%20coches%20con%20motor%20de,mucha%20altura%20o%20a](https://www.actualidadmotor.com/factores-que-afectan-al-rendimiento-del-motor-temperatura-y-altura/#:~:text=Factores%20que%20afectan%20al%20rendimiento%20del%20motor%3A%20temperatura%20y%20altura&text=Los%20coches%20con%20motor%20de,mucha%20altura%20o%20a)

editó, leenlipa. (2008, Junio 26). *Comunidad SENA*. Retrieved from <https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/siclo-de-funcionamiento>

EXPOCAPS. (2013, MAYO). *EXPOCAPS*. Retrieved from ESPOCAPS: <http://expocaps.blogspot.com/2013/05/funcionamiento-basico-de-un-motor.html>

Fontaneda, A. T. (2016, Junio 13). *UNIVERSITAT POLITENICA DE CATALUNYA*. Retrieved from [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/99222/REPORT\\_172.pdf?sequence](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/99222/REPORT_172.pdf?sequence)

García, M. T. (2015). *Escuela Técnica Superior de Ingeniería*. Retrieved from <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/tutorial81.pdf>

Godoy Jurado, C. R. (2018, Abril). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8199/1/04%20MAUT%20060%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Grupo Mavesa. (2020, Marzo). *Grupo Mavesa*. Retrieved from Grupo Mavesa: <https://grupomavesa.com.ec/wp-content/uploads/2020/03/FT-H300-512-XZU640L->

HKMLJ3.pdf

GRUPO MAVESA. (2020, SEPTIEMBRE 03). *GRUPO MAVESA*. Retrieved from GRUPO

MAVESA: [https://grupomavesa.com.ec/wp-content/uploads/2020/11/FT-H300-512-XZU640L-HKMLJ3-03092020\\_compressed.pdf](https://grupomavesa.com.ec/wp-content/uploads/2020/11/FT-H300-512-XZU640L-HKMLJ3-03092020_compressed.pdf)

GUAITA, J., & SARANAGO, J. (2013). *SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOBREALIMENTACIÓN, PARA UN VEHÍCULO HYUNDAI H100*

*MOTOR DIESEL 2.6*. Retrieved from epoch: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2655/1/65T00079.pdf>

INESEMARNAT. (2005). *inecc*. Retrieved from inecc: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/vehiculos.pdf>

Jarrin, P. F. (2015). *Universidad Politecnica Salesiana*. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7647/1/UPS-CT004530.pdf>

Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J. R., & Agudelo, A. (2006). *Universidad de Antioquia*.

Retrieved from Universidad de Castilla: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642006000500006&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500006&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

Lara, A. (2020, Mayo). *Manual MSD*. Retrieved from University of Colorado:

<https://www.msmanuals.com/es-ec/hogar/trastornos-del-pulm%C3%B3n-y-las-v%C3%ADas-respiratorias/enfermedades-pulmonares-de-origen-ambiental/enfermedades-relacionadas-con-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica>

Leenlipa. (2008, Junio 26). *Comunidad SENA*. Retrieved from

<https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/siclo-de>

funcionamiento

Leenlipa. (2008, Junio 26). *Comunidad SENA*. Retrieved from [https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/siclo-de-](https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/siclo-de-funcionamiento)

funcionamiento

Mantilla González, J. M., Roncancio G, J. A., & Acevedo G., H. R. (2010). Análisis comparativo del desempeño y emisiones de un motor diesel de gran capacidad operando bajo dos escenarios: trabajo en ruta activa y trabajo en banco. *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 120 -123.

MASAQUIZA, Á., & VIZUETE, J. (2012). *ESPOCH*. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2260/1/65T00046.pdf>

Momscleanairforce. (2017, Abril). *Momscleanairforce*. Retrieved from Momscleanairforce: [https://www.momscleanairforce.org/wp-content/uploads/2017/03/moms\\_clean\\_air\\_force\\_diesel\\_factsheet\\_spanish.pdf](https://www.momscleanairforce.org/wp-content/uploads/2017/03/moms_clean_air_force_diesel_factsheet_spanish.pdf)

Morales, M. Y. (2014). *Instituto Mexicano de Transporte*. Retrieved from Instituto Mexicano de Transporte: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>

Norma Técnica Ecuatoriana ( NTE INEN 2656 ). (2016, Septiembre). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. Retrieved from Servicio Ecuatoriano de Normalización: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2656-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf)

NTE INEN 2202. (2000). *INEN*. Retrieved from INEN: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2202-1.pdf>

NTE INEN 2207. (2002). *INEN*. Retrieved from INEN: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2207.pdf>

- OMS. (2021, Septiembre 22). *Organizacion Mundial de la Salud*. Retrieved from Organizacion Mundial de la Salud: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Ortiz Vallejo, M. A. (2014). *Universidad Internacional del Ecuador*. Retrieved from Universidad Internacional del Ecuador: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>
- Teojama. (2020). *Teojama*. Retrieved from Teojama: <https://www.teojama.com/serie-300/dutro-city/#blanco>
- Ultipixel. (2018). *LA GRAN TIENDA DEL MECANICO*. Retrieved from LA GRAN TIENDA DEL MECANICO: <https://www.lagrantiendadelmecanico.com/nga6000/>

## ANEXOS

```
Universidad Politecnica Salesiana
%PROYECTO TÉCNICO:
% "ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE EN EL AUTOMOTOR HINO CITY
300
%CON NORMATIVA EURO 3 A DIFERENTES ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR"

%AUTORES:
%COCIOS ARPI FREDDY ALEXANDER
%FAREZ VILLACIS VICTOR STEVEN

clc
q=input ('ALTURA: ');
D=input ('Ingrese los datos: ');

clc
length(D);
P=mean(D);
S= std(D);
a=sprintf('altura es de:%d',q)

W=sprintf('la desviacion Standar:%d',S)
t=sprintf('la media es:%d',P);
disp(t)
```

*Anexo 1: Matlab de la media y la desviación Estándar - Fuente: Autores*



*Anexo 2: Parque Nacional el Cajas- Sector tres cruces(4200msnm) - Fuente: Autores*



*Anexo 3: Parque Nacional el Cajas-Entrada vía Patul (4000 msnm) - Fuente: Autores*



*Anexo 4: Cuenca- Parroquia Yanuncay (2500 msnm) - Fuente: Autores*



*Anexo 5: Santa Isabel- Lentag (1500 msnm) - Fuente: Autores*



*Anexo 6: Santa Isabel - Andatalia (1000 msnm) - Fuente: Autores*



*Anexo 7: Santa Rosa - Puerto Jeli (0 msnm) - Fuente: Autores*



*Anexo 8: Emisión de Gases contaminantes en el Parque Nacional el Cajas (4200 msnm) - Fuente: Autores*



Anexo 9: Emisión de Gases contaminantes en el Parque Nacional el Cajas (4000 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 10: Emisión de Gases contaminantes en el Parque Nacional el Cajas (4000 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 11: Emisión de Gases contaminantes en el Parque Nacional el Cajas (3500 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 12: Emisión de Gases contaminantes en el Parque Nacional el Cajas (3500 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 13: Emisión de Gases contaminantes en el sector de la Parroquia Yanuncay (2500 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 14: Emisión de Gases contaminantes en el sector de Leocapac (2000 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 15: Emisión de Gases contaminantes en el sector de Leocapac (2000 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 16: Emisión de Gases contaminantes en el sector de Andatalia (1000 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 17: Emisión de Gases contaminantes en el sector de Andatalia (1000 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 18: Emisión de Gases contaminantes en el sector de Sarayunga (500 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 19: Emisión de Gases contaminantes en el sector de Sarayunga (500 msnm) - Fuente: Autores



Anexo 20: Emisión de Gases contaminantes en el sector Puerto Jeli (0 msnm) - Fuente: Autores